

крупногабаритного шлифовального оборудования. Резцы из киборита обрабатывают такие детали со скоростью резания $V = 1,4...1,7$ м/с при стойкости инструмента 60...80 мин.

Таким образом, анализ результатов практического использования резцов из киборита в условиях ремонтных предприятий показывает, что их применение позволяет эффективно обрабатывать высокотвердые наплавленные покрытия непосредственно по наиболее дефектному поверхностному слою (корке), обеспечивать высокую производительность механической обработки этих покрытий как при черновом, так и при получистовом и чистовом точении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыжов Э.В., Клименко С.А., Гуцаленко О.Г. Технологическое обеспечение качества деталей с покрытиями. – Киев: Наукова думка, 1994. – 181 с. 2. Мрочек Ж.А., Кожуро Л.М., Филонов И.П. Прогрессивные технологии восстановления и упрочнения деталей машин. – Мн.: УП “Технопринт”, 2000. – 268 с. 3. Клименко С.А. К вопросу о механизме формирования микрогеометрии поверхности при лезвийной обработке // Сверхтвердые материалы.- 1997.- № 5. – С. 43 - 53. 4. Клименко С.А. Особенности обработки защитных покрытий // Сверхтвердые материалы.- 1998.- № 3. – С. 44 - 55. 5. Кожуро Л.М., Мрочек Ж.А., Хейфец М.Л. и др. Обработка износостойких покрытий. – Мн.: Дизайн ПРО, 1997. – 208 с.

УДК 621.9.048.7

С.Э. Крайко

ВЛИЯНИЕ ТИПА ПОГЛОЩАЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТНУЮ МИКРОТВЕРДОСТЬ СТАЛИ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРМООБРАБОТКЕ

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Одним из условий рентабельности применения штамповки в производстве является высокая стойкость штампов. Согласно [1], основные факторы, которые влияют на стойкость штампов, можно разделить на следующие группы: конструкционные факторы и условия эксплуатации; однородность химических и физико-механических свойств материала, из которого изготавливается штамп, а также выдерживание технологии его изготовления; качество рабочих поверхностей; технологичность конструкции штампуемой детали. Низкая стойкость штампов приводит к нерациональному

расходу штамповых сталей, снижает качество изготавливаемых деталей и производительность труда и, как следствие, увеличивается себестоимость продукции. В связи с широким внедрением новых процессов деформирования, освоением штамповки труднодеформируемых металлов и сплавов, неметаллических материалов, характеризующихся, как правило, более тяжелыми условиями эксплуатации штампового инструмента, актуальность проблемы повышения стойкости штампов возрастает.

Среди прогрессивных технологий увеличения длительности работы штампового инструмента широкое применение нашли процессы обработки с применением высококонцентрированных источников энергии [2,3]. Одним из таких процессов является лазерная поверхностная закалка рабочих поверхностей штампового инструмента [4,5]. Данная технология заключается в локальном нагреве режущих кромок и небольших прилегающих к ним участков поверхностей лазерным излучением и, после прекращения воздействия, охлаждение этих участков со сверхкритической скоростью за счет теплоотвода во внутренние слои металла. В процессе температурной обработки в металле последовательно происходят фазовые превращения: на этапе нагрева идет формирование аустенитной структуры, а затем, на этапе охлаждения — превращение ее в мартенсит. Наличие последнего в поверхностном слое приводит к увеличению его поверхностной микротвердости и сопротивляемости износу [6].

К числу особенностей данной технологии относится и то, что воздействие лазерного излучения на обрабатываемый материал является поверхностным процессом. Это в большинстве случаев приводит к тому, что термическое упрочнение осуществляется как заключительная операция изготовления штампового инструмента, без последующей механической обработки. Следует отметить тот факт, что использование больших мощностей излучения не желательно, так как ведет к быстрому достижению режущими кромками пороговой температуры, по достижению которой происходит их оплавление.

В результате предварительных исследований по мощности, предпочтение было отдано импульсному излучению. Для проведения серии экспериментов была выбрана лазерная установка «Квант-18М», работающая в импульсном режиме.

Эффективность использования лазерной технологии 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 известен ряд технологических возможностей. Так, например, увеличение шероховатости поверхности способствует более эффективному использованию лазерного излучения [8]. Однако среди известных способов наибольшее распространение получило использование различных типов покрытий. Так, чернение в растворе хлорного железа [7] повышает глубину за-

калки на 20...30 % по сравнению с механической обработкой, покрытие из сульфида железа [8] увеличивает коэффициент поглощения нержавеющей стали до 40 %. Широко используется процесс фосфатирования [8,9], которое увеличивает коэффициент поглощения до 60 %, а более сложное химическое чернение [10] путем погружения в кипящий при 124...165°C 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 являются покрытия в виде краски [11,12], которую можно нанести кистью, краскораспылителем или другим способом. Сравнительный анализ процесса закалки при фосфатном покрытии, красками с сажистыми 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 сажистые 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 данной работе исследовалась эффективность применения при лазерной закалке покрытий различного состава при воздействии импульсного излучения по следующей методике. 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 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 шпифы и проводи-

лись исследования микротвердости на лабораторной установке ПМТ-3.

Сравнительная оценка металлографического исследования и промеров микротвердости показала, что при равных условиях облучения наибольшая поглощательная способность для термически обработанной стали X12M 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 шероховатости 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 - $h = 0,25...0,30$ мм и 8 000...8 500 МПа, для окисной пленки ортофосфорной кислоты - $h = 0,20...0,25$ мм и 8 000...8 200 МПа. На образцах без покрытия, в подтверждение литературных данных, значительных изменений поверхностной микротвердости не наблюдалось.

Таким образом, было установлено, что наибольшая эффективность в условиях лазерной термообработки импульсным излучением для стали X12M без оплавления поверхности достигнута применением комплексного покрытия из краски с наполнителем из окисла металла желтого цвета и окисной пленки ортофосфорной кислоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайленко Ф.П. Стойкость разделительных штампов.- М.: Машиностроение, 1976. – 208с.
2. Белый А.В. Поверхностная упрочняющая обработка с применением концентрированных потоков энергии. – Мн., 1990. – 78с.
3. Коган Я.Д. Перспективы развития технологий поверхностного упрочнения материалов деталей машин и инструмента // МиТОМ.- 1993.- №8.- С.5-9.
4. Маликов Л.С. и др. Лазерное упрочнение штампового инструмента // Технология и организация производства. – Киев, 1986.- №2.- С. 46-48.
5. 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.
6. Лазерная техника и технология. В 7 кн. Кн. 6 Основы лазерного термоупрочнения сплавов / Под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: Высшая школа, 1988. – 159с.
7. Рыжов Э.В., Тютюньников В.И., Бюдов В.Т., Горленко О.А. Технологическое управление параметрами состояния поверхности при лазерной обработке// ФиХОМ.- 1983.- №1.- С.20.
8. Коваленко В.С. Упрочнение деталей лучом лазера.- Киев.: Техника, 1981. – 156с.
9. Андрияхин В.М., Зверев С.В., Чеканова Н.Т. Упрочнение стали У10 лазерным излучением // Автомобильная промышленность.-

1980.- №6.- С.28. 10. Патент США № 4313771 Заявлен 29.02.80., Опубл. Б.И. в СССР и за рубежом.- 1982.- Вып.65.- №11. 11. Износостойкость образцов из стали и чугуна, упроченных лучом лазера и обычными методами / П.П. Голубев, П.С. Гурченко, М.В. Кабакович, А.И. Корунчиков // Автомобильная промышленность.- 1982.- №11.- С.27. 12. Андрияхин В.М., Чеканова Н.Т. О некоторых видах покрытий, используемых при обработке металлов излучением лазера // Поверхность.- 1983.- №2.- С.145.

УДК 537.523

Г. В. Марков, А. П. Ралько

СКОРОСТЬ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ВАКУУМНЫМ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ МЕТОДОМ

*Физико-технический институт НАН Беларуси
Минск, Беларусь*

В последние два десятилетия благодаря своим особенностям и достоинствам широкое распространение нашел вакуумный электродуговой метод (метод КИБ) нанесения покрытий различного функционального назначения [1]. Основным инструментом нанесения покрытия в данном методе служит вакуумная дуга, возбуждаемая (зажигаемая) в вакууме между металлическими катодом и анодом (обычно это стенки вакуумной камеры), когда между ними прикладывается некоторая разность потенциалов U . При этом источником потока положительных ионов металла катода, формирующих покрытие, является катодное пятно вакуумной дуги, хаотически перемещающееся по поверхности катода.

Одной из важнейших характеристик методов нанесения является скорость нанесения dh/dt . Для вакуумного электродугового метода скорость нанесения покрытия определяется коэффициентом ионной эрозии μ . Коэффициент ионной эрозии μ есть масса металла катода, безвозвратно теряемая катодом из единичного катодного пятна в виде атомов и положительных ионов плазмы вакуумной дуги металла катода, при прохождении через вакуумную дугу электрического заряда в 1 Кл. При этом в коэффициенте μ не учитывается масса, теряемая катодом в виде микрокапель. Тогда можно записать, что при горении вакуумной дуги масса dm , теряемая катодом за время dt , равно

$$dm = \mu I_d dt, \quad (1)$$

где I_d – ток вакуумной дуги.