

цесс, идущий во времени. Действие повторных нагревов и охлаждений сопровождается сложным комплексом явлений: окислением материала, изменением диффузионной подвижности атомов, старением, рекристаллизацией, ползучестью, "ростом" чугуна, возникновением остаточных напряжений (в частности, в результате различия коэффициентов термического расширения сплавов и основы) и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сташевская Е.Н., Кардаполова М.А. Термостойкость сплавов на никелевой основе // Машиностроение и приборостроение. – Мн., 1977. – Вып. 9. – С. 37–39.

УДК 621.983.073.048.7:621.373.826

Г.Я. БЕЛЯЕВ, С.С. ДРОЗДОВ,
В.Н. КОВАЛЕВСКИЙ, Э.А. КОЛЧАНОВ,
М.А. МИШКИНА, В.Г. ОРЛОВ

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ ПРИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОМ ЛЕГИРОВАНИИ

В настоящее время все более широкое применение находит такой метод упрочнения инструментальной оснастки, как электроискровое легирование (ЭИЛ) [1, 2], заключающийся в импульсном тепловом и механическом воздействии искрового разряда на металл. Поток электронов вызывает локальный разогрев электрода, а поперечное магнитное поле создает высокое давление в плазменном шнуре разряда. На поверхности электродов появляются объемные источники теплоты, способствующие возникновению эрозионных лунок на аноде и катоде с тремя зонами: испарения, плавления и напряженного состояния [3]. Зона напряженного состояния возникает за счет волны термических и термомеханических напряжений в результате импульсного нагрева, реактивного действия плазменной струи. Причем имеют место напряжения как растягивающие, так и сжимающие. Высокие растягивающие напряжения на рабочей поверхности электрода как раз и являются основной причиной образования трещин при ЭИЛ деталей. Кроме того, электроискровое легирование может сопровождаться снижением степени упрочнения поверхностных слоев за счет термических эффектов, вызывающих рекристаллизационные процессы и рост зерен в приповерхностных слоях детали.

Высокие скорости термического нагружения, обусловленные интенсивным теплоотводом от нагретых тонких поверхностных слоев детали, могут стать причиной образования микротрещин за счет термоусталостных явлений [2]. Значительную роль в формировании износостойкого покрытия играет материал подложки, который должен обеспечивать необходимую прочность сцепления покрытия с основой и его работоспособность в условиях нагружения.

Значительным недостатком электроискрового легирования является ограниченная толщина обработанного поверхностного слоя. Можно предполо-

жить, что основными причинами, обуславливающими развитие негативных процессов при ЭИЛ, являются следующие: постепенное накопление внутренних напряжений; термоусталостные явления в покрытии в условиях многократно повторяющихся циклов нагрева и охлаждения его микрообъемов; образование ультрадисперсной структуры (рис. 1). Чтобы уменьшить степень их влияния на качество упрочненного слоя, необходимо в первую очередь снизить уровень растягивающих напряжений и увеличить толщину легированного слоя. Как известно [2, 3], одним из методов воздействия на структуру и свойства подложки является предварительная термическая обработка материала подложки, т.е. процесс электроискрового легирования – ступенчатый.

Процесс ступенчатого электроискрового легирования стали X12M, применяемой в основном для изготовления штампового инструмента, проводился следующим образом. Образец из стали X12M подвергался закалке в соляной ванне при $t = 1040 \text{ }^\circ\text{C}$ (охлаждение в масле) с последующим отпуском при $t_1 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$. После термообработки и шлифования исходная микротвердость составляла около 6000 МПа. На первом этапе процесса упрочнения проводилась лазерная обработка поверхности на установке "Квант-16" с энергией импульса 25 Дж по линейной схеме при диаметре пучка $d = 2 \text{ мм}$ и коэффициенте перекрытия $\epsilon = 0,6$ по передней и задней поверхностям инструмента при ширине обработки 4...5 мм. Ширина упрочняемого участка принималась исходя из анализа износа инструмента.

После лазерной обработки микротвердость составляла 9000,,9100 МПа при толщине упрочняемого слоя $h = 100 \text{ мкм}$. Второй этап упрочнения заключается в электроискровом легировании на установке ЭФИ-46А. В качестве электрода использовался твердый сплав ВК-8. Режимы упрочнения (ток короткого замыкания $I_{к.з} = 4,1 \text{ А}$, рабочий ток $I_p = 2,2 \text{ А}$) обеспечивали от-

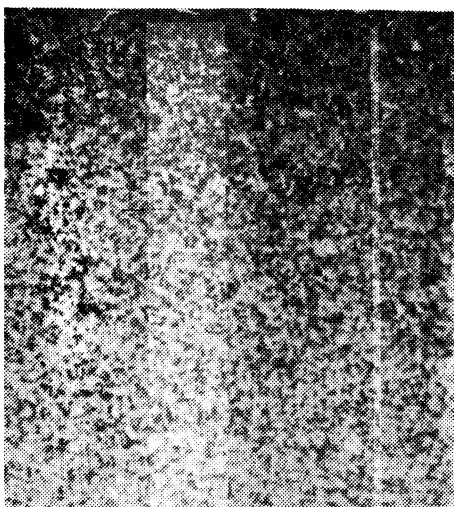


Рис. 1. Микроструктура стали X12M после электроискрового упрочнения



Рис. 2. Микроструктура стали X12M после лазерной обработки

носительную плотность покрытия порядка 80 %. Толщина упрочненного слоя составляла 180 мкм.

Оценка структуры и свойств материала подложки осуществлялась после каждого этапа обработки.

При лазерном упрочнении формируется зона термического влияния из двух слоев (рис. 2). Приповерхностный слой представляет собой слаботравящуюся "белую фазу", состоящую из мелкоигольчатого мартенсита и дисперсных карбидов [3], второй слой — зону отпуска, состоящую в основном из верхнего бейнита.

Воздействие электроискрового разряда на поверхность инструмента (второй этап упрочнения) сопровождается изменением структуры "белой фазы", связанным с процессами диффузии, включая и диффузию материала анода. Вторичное воздействие тепловых полей формирует в приповерхностном слое четыре зоны термического влияния с последовательным переходом от структуры "белой фазы" до мартенсита отпуска основного металла (рис. 3).

Было проведено упрочнение штамповой оснастки электроискровым легированием по указанной технологии.

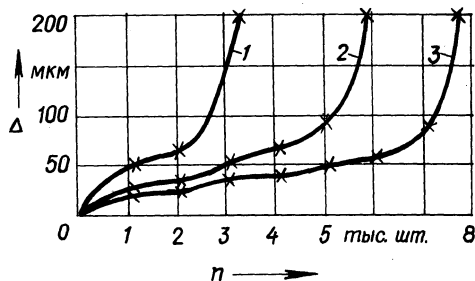
Сравнительные стойкие испытания упрочненного инструмента осуществлялись в производственных условиях (ПО "ГОМСЕЛЬМАШ") на специальном прессе, который работает в комплексе с автоматической линией механической обработки детали "палец косилочного аппарата". Стойкость штампов оценивалась количеством деталей, обработанных до появления на штампах заусенца предельной высоты или до выхода размера обрабатываемой детали за пределы поля допуска. Как показали стойкостные испытания, штамп выходил из строя при износе по задней поверхности порядка 200 мкм. Согласно паспортным данным автоматической линии фирмы "Ровема" (ГДР), стойкость сменного инструмента на данной операции составляет 3000 деталей. После электроискрового легирования (микротвердость около 21000 МПа) инструментом можно обрабатывать 5400...5800 деталей. Инструментальные блоки, упрочненные по указанной технологии ступенчатым способом, имеют



Рис. 3. Микроструктура стали X12M после ступенчатого упрочнения (лазерная обработка + электроискровое легирование)

Рис. 4. Зависимость износа штампового инструмента от количества обработанных деталей:

1 — неупрочненный инструмент; 2 — инструмент, упрочненный электроискровым легированием; 3 — инструмент, упрочненный ступенчатым способом (лазер + ЭИЛ)



стойкость 7500–8000 деталей (рис. 4).

Таким образом, предварительная лазерная обработка штампового инструмента из стали X12M перед электроискровым легированием позволяет значительно (в 1,3–1,5 раза) повысить его стойкость по сравнению с упрочненным только методом электроискрового легирования. Можно предположить, что наложение вторичного теплового поля приводит к уменьшению эрозии матрицы, созданию более равновесной структуры металла, снижению уровня растягивающих напряжений в поверхностном слое инструмента.

Наблюдается увеличение толщины упрочняемого ЭИЛ слоя в 1,6–1,8 раза, что является следствием проявления дополнительных эффектов на некотором удалении от поверхности детали, вызванных предварительной лазерной обработкой и особенностями получаемой структуры.

При снижении внутренних растягивающих напряжений значительно снижается возможность образования трещин в упрочненном слое.

ЛИТЕРАТУРА

1. В е р х о т у р о в А.Д., М у х а И.И. Технология электроискрового легирования металлических поверхностей. — Киев, 1982. — 237 с.
2. П о л е в о й С.Н., Е в д о к и м о в В.Д. Упрочнение металлов. — М., 1986. — 319 с.
3. К о в а л е н к о В.С., В е р х о т у р о в А.Д., Г о л о в к о Л.Ф., П о д ч е р н я е в И.А. Лазерное и электроэрозионное упрочнение материалов. — М., 1986. — 354 с.

УДК 621.791.92

А.А. САКОВИЧ

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ С ПОКРЫТИЯМИ, НАПЛАВЛЕННЫМИ И УПРОЧНЕННЫМИ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

Наплавка металлов и сплавов на рабочие поверхности деталей машин широко применяется при их восстановлении. Однако наплавленный слой имеет ряд недостатков: неравномерную твердость, пористость и др. Наплавка не позволяет повысить сопротивление усталости, что отражается на эксплуатационных характеристиках деталей, работающих в условиях трения и знакопеременных нагрузок. Одним из методов устранения указанных недостатков является