

УДК 621.78: 681.7.069.24

Лазерная термообработка сталей У8 и ХВГ с хромовым покрытием

В. Н. Мышковец, канд. физ.-мат. наук,
А. В. Максименко, старший преподаватель,
Г. А. Баевич, младший научный сотрудник,
В. В. Грищенко, младший научный сотрудник,
В. М. Полевилов, старший преподаватель,
Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины (Беларусь)

Приведены результаты экспериментальных исследований термообработки деталей пресс-форм из сталей ХВГ и У8 с хромовым покрытием толщиной 2–4; 4–6; 6–8 мкм лазерными пучками прямоугольной формы и пучками, сформированными в прямоугольный контур. Выявлены особенности лазерной термообработки и определены оптимальные технологические режимы.

Во многих технологических процессах, например, таких, как отливка корпусов интегральных микросхем, применяются пресс-формы (рисунок). Для увеличения срока работы пресс-форм их рабочие поверхности могут подвергаться хромированию. Кроме этого, существуют и другие методы, позволяющие увеличить износостойкость хромового покрытия. Одним из наиболее перспективных среди них является лазерная термообработка. Предметом данной работы, поэтому, явилось исследование процессов термообработки сталей ХВГ и У8 с хромовым покрытием толщиной 2–4; 4–6; 6–8 мкм лазерными пучками.

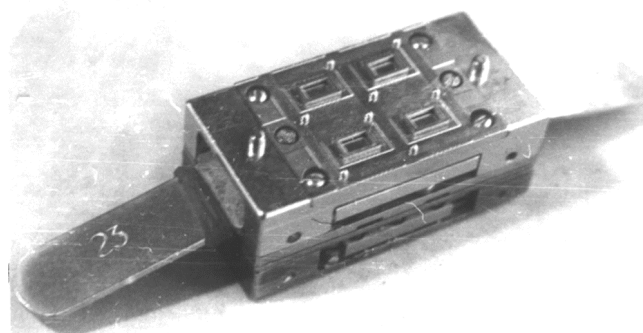
Анализ характера работы и причин выхода из строя пресс-форм для отливки корпусов интегральных схем позволил выделить те детали, рабочие кромки которых подвержены наибольшему износу, а именно: матрица, пуансоны, съемник, ножи, крышка, матрица крышки.

Термообработка пресс-форм проводилась двумя способами: 1) лазерным пучком прямоугольной формы; 2) пучком, сформированным в прямоугольный контур. В обоих случаях лазерные пучки точно соответствуют контурам рабочих кромок элементов детали, подверженных износу. Размеры пучков прямоугольной формы и прямоугольного контура для термообработки выбирались в соответствии с линейными размерами рабочих кромок элементов деталей пресс-форм.

Экспериментальные исследования проводились с помощью установки, изготовленной на базе неодимового лазера [1], генерирующего пучок прямоугольного сечения. Излучатель лазера включает в себя

квантрон, в состав которого входят активный элемент, выполненный в форме прямоугольного параллелепипеда (10×30×300 мм) из стекла ГЛС-9П, отражатель, лампа накачки, а также оптическую систему, позволяющую формировать лазерные пучки заданного сечения. Длина волны излучения $\lambda = 1,06$ мкм, длительность импульса $\tau_{0,5} = 7$ мс, регулируемая энергия в импульсе — до 90 Дж.

Для отработки режимов лазерной обработки были подготовлены образцы названных деталей из стали У8 и ХВГ с покрытием пленкой хрома толщиной 2–4; 4–6; 6–8 мкм. В процессе измерения на исходной хромированной поверхности выявлен существенный разброс микротвердости (от 540 до 820 кг/мм²). Статистический анализ позволяет говорить о средней микротвердости образцов с хромовым покрытием до лазерной обработки в пределах 600–640 кг/мм².



Пресс-форма для отливки корпусов интегральных схем

Таблица 1

Режимы контурного термоупрочнения и термоупрочнения лазерным пучком прямоугольной формы элементов пресс-форм для отливки корпусов интегральных схем

Наименование детали	Материал	Термоупрочнение лазерным пучком прямоугольной формы			Контурное термоупрочнение		
		Размеры пучка обработки, мм	Энергия импульса, Дж	Мощность излучения, Вт	Размеры контура обработки, мм	Энергия импульса, Дж	Мощность излучения, Вт
Матрица	ХВГ	15,2×1	60,8	$8,7 \cdot 10^3$	15,2×9,5×0,5	99	$14 \cdot 10^3$
Пуансон	У8	6,7×15	40,7	$5,8 \cdot 10^3$	6,7×3,6×0,5	84	$11,9 \cdot 10^3$
Съемник	ХВГ	10×1	40	$5,7 \cdot 10^3$	10×6,4×1	131	$18,7 \cdot 10^3$
Нож	ХВГ	5×1,5	30	$4,3 \cdot 10^3$	5×1,5×1	52	$7,4 \cdot 10^3$
Крышка	ХВГ	7,6×2	60,8	$8,7 \cdot 10^3$	7,6×4,2×1	91	$13 \cdot 10^3$
Матрица крышки	ХВГ	15,2×1	60,8	$8,7 \cdot 10^3$	15,2×6,2×0,5	84	$12 \cdot 10^3$

Примечание. Длительность импульса — 7 мс.

Выявлена рыхлость покрытия хрома, обуславливающая его низкую микротвердость.

Режимы термообработки деталей, покрытых пленкой хрома толщиной 4–6 мкм, пучком прямоугольной формы приведены в табл. 1. Для термоупрочнения матрицы, съемника, крышки, матрицы крышки требуется 16 импульсов; для термоупрочнения ножей — 8 импульсов, пуансонов — 4 импульса. Рабочие кромки и поверхности ножей и пуансонов упрочняются в результате одного импульса лазера, в то время как для термоупрочнения составных элементов матрицы, съемника, крышки, матрицы крышки необходимо «обойти» контур рабочих кромок. В результате обхода контура термообработки пучком прямоугольной формы снижается качество термоупрочнения за счет появления в местах перекрытия «пятен» зон пониженной микротвердости.

Лазерное контурное моноимпульсное термоупрочнение позволяет исключить зоны пониженной микротвердости и добиться высокой равномерности распределения микротвердости по контуру обработки. Режимы моноимпульсного контурного термоупрочнения элементов деталей пресс-форм, покрытых пленкой хрома толщиной 4–6 мкм, также приведены в табл. 1. Производительность при такой термообработке матрицы, съемника, крышки и матрицы крышки увеличивается в четыре раза по сравнению с термоупрочнением лазерным пучком прямоугольной формы.

Отработка режимов термоупрочнения деталей пресс-форм показала, что в зависимости от линейных размеров составных элементов требуется энергия импульса:

— при термообработке пучком прямоугольного сечения — от 30 до 61 Дж;

— при термообработке по прямоугольному контуру — от 52 до 131 Дж.

Проведенные работы показали, что лазерная термообработка хромированных образцов сталей ХВГ и У8 приводит к уплотнению покрытия, возрастанию его микротвердости до 1000 кг/мм².

Результаты измерений микротвердости поверхности образцов из сталей ХВГ, покрытых пленкой хрома с различной толщиной, после термообработки лазерным излучением показали, что с увеличением толщины покрытия с 2–4 до 6–8 мкм энергия в импульсе, необходимая для уплотнения и упрочнения покрытия, возрастает на 7 Дж. Режимы для каждой толщины покрытия выбирались критические (при увеличении энергии импульса происходит разрушение покрытия хрома). Соответствующие режимы лазерной обработки сталей У8 и ХВГ с толщиной пленки 4–6 мкм приведены в табл. 2.

Выводы

1. Энергия, необходимая для термообработки хромированной поверхности, выше для деталей из стали У8 на 1 Дж по сравнению с аналогичными деталями из стали ХВГ.

2. Несмотря на увеличение энергетических затрат, микротвердость поверхности с хромовым покрытием у сталей У8 и ХВГ примерно одинаковая и составляет $H_{100} = 920 - 1000$ кг/мм².

3. Энергия импульса, необходимая для обработки хромированных поверхностей, по сравнению с термообработкой предварительно закаленных сталей У8 и ХВГ возрастает на 14 Дж при одинаковых размерах пятна.

4. Глубина обработанного слоя материала при нанесении покрытия хрома толщиной 4–6 мкм уменьшается на 50–70 мкм по сравнению с глубиной обработанного слоя предварительно закаленного материала.

Таблица 2

Оптимальные режимы и свойства термообработанных зон для сталей У8 и ХВГ пучками прямоугольного сечения

Сталь	Энергия, Дж	Мощность, Вт	Размеры поперечного сечения пучка, мм	Глубина закалки, мкм	Микротвердость H_{100} (кг/мм ²)	
					Исходная	После термообработки
У8 (покрытая пленкой хрома толщиной 4–6 мкм)	84	$12 \cdot 10^3$	14,5×1,5	50–60	600–700	920–1000
ХВГ (покрытая пленкой хрома толщиной 4–6 мкм)	83	$11,9 \cdot 10^3$	14,5×1,5	50–60	600–700	955–1000

Литература

1. **Мышковец В. Н., Максименко А. В., Никитюк Ю. В.** и др. Установка для лазерного термоупрочнения с системой формирования лазерного излучения в пучки заданной геометрии // Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин: Темат. сб. — Новополоцк: Изд-во Полоцкого государственного университета, 1999. — 370 с.

2. **Мышковец В. Н., Свиридова В. В., Каморников И. М.** Исследование процесса лазерного термоуп-

рочнения хромированных деталей пресс-формы для отливки корпусов интегральных микросхем // Новые конкурентоспособные и прогрессивные технологии, машины и механизмы в условиях современного рынка: Материалы международн. научно-техн. конф. — Могилев: Изд-во ММИ, 2000. — 584 с.

3. **Шалупаев С. В., Мышковец В. Н., Максименко А. В.** и др. Лазерное контурное термоупрочнение материалов // Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения: Сб. науч. тр. / Под ред. С. А. Астапчика, П. А. Витязя. — Минск: Технопринт, ПГУ, 2001. — 736 с.

Крупнейший промышленный форум в Украине

МАШИНОСТРОЕНИЕ 2004 МЕТАЛЛУРГИЯ

XII Международная специализированная выставка

**18-21
МАЯ** г. Запорожье

При поддержке:
Министерства промышленной
политики Украины

Организатор:
Запорожская торгово-промышленная палата
69000, Украина, г. Запорожье, бул. Центральный, 4
тел./факс: + 38 (0612) 13-50-26, 13-51-67
E-mail: expo@cci.zp.ua; http://www.cci.zp.ua

