

УДК 621.762.043

Корж В. В.
Лаптев А. М.

ПОЛУЧЕНИЕ ХРОМИСТЫХ ПОРОШКОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКОЙ БЕЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО СПЕКАНИЯ

Горячая штамповка пористых порошковых заготовок является одним из методов позволяющих получать практически беспористые порошковые изделия с повышенным уровнем физико-механических свойств и тем самым значительно расширить области их применения. Свойства горячештампованных порошковых материалов, особенно пластические, вязкостные и усталостные, которые наиболее чувствительны к остаточной пористости, значительно лучше, чем у просто спеченных материалов [1].

С целью повышения экономичности и конкурентоспособности горячей штамповки порошковых заготовок проводятся исследования, направленные на разработку новых видов легирования стальных порошков более низкой стоимости, усовершенствование технологии, оптимизацию параметров процесса. Основным направлением исследований, связанных с разработкой новых порошков для горячей штамповки, является замена легирующих добавок никеля и молибдена на хром и марганец, что даст возможность снизить затраты на сырые материалы – основную статью расходов при производстве порошковых горячештампованных деталей [2]. В ДГМА проводятся исследования процесса прессования и горячей штамповки порошковых хромистых конструкционных сталей, в которых порошки лигатуры хрома заменены на порошок карбида хрома [3, 4]. Типичная технологическая схема получения горячештампованных деталей, включающая в себя прессование, спекание и нагрев под горячую штамповку, представлена в работе [5]. Так как спекание и нагрев под горячую штамповку являются наиболее энергоёмкими операциями, на долю которых приходится около 70 % общих затрат энергии, были проведены исследования технологического варианта получения хромистых порошковых деталей горячей штамповкой без предварительного спекания. В литературных источниках [6, 7] данный вопрос не был раскрыт, поэтому в дальнейшем опробовался вариант изготовления деталей, получаемых горячей штамповкой неспеченных заготовок.

Целью работы является определение уровня механических свойств хромистых порошковых деталей, получаемых горячей штамповкой неспеченных заготовок.

Для проведения экспериментов применяли: порошок железный, марки ПЖВ–2.160–32 с размером частиц 0,045–0,25 мм; порошок карбида хрома Cr_3C_2 – в количестве 5 %, с размером частиц 0,005–0,01 мм; порошок графита карандашного, марки ГК–1, в количестве 0,5 %; порошок стеарата цинка, в количестве 0,5 %.

С целью получения однородной шихты все порошки просеивали через сито 0,25 и дозировали на весах с точностью до 0,01 г. Стеарат цинка во избежание слеживаемости перетирали через сито 0,16, чтобы размер частиц был меньше, чем самые крупные частицы порошка железа. Шихту смешивали в смесителе со смещённой осью, типа «пьяная бочка» в течение 2,5 часа. Последовательность загрузки шихты следующие: порошок железа и карбид хрома; через 20 минут смешивания – порошок графита; через 20 минут смешивания – стеарат цинка.

Образцы с размерами $9,3 \times 53,2 \text{ мм}^2$ и высотой 13,5–14 мм прессовали на гидравлическом прессе давлением 750 МПа. При этом пористость составляла 18–22 %.

Согласно ранее проведенным исследованиям, температура нагрева под штамповку была выбрана равной 1100 °С [1]. Нагрев образцов проводили в лабораторной печи с силитовыми нагревателями в среде диссоциированного аммиака с содержанием влаги 0,17–0,25 % (точка росы 10–15 °С). Контроль влажности газа осуществляли прибором ИИГ–1. Поддержание

температуры на заданном уровне осуществляли при помощи автоматического потенциометра и термопары ПП, горячий спай которой устанавливали на нагреваемые образцы. Образцы помещали без поддона на дно муфеля, предварительно нагретого до температуры штамповки. Точность измерения температуры составляла ± 10 °С.

Горячую штамповку проводили в штампе с размерами матрицы в плане 10×55 мм на пневматическом молоте МА4129. Время переноса образцов из печи в штамп составляло 4–5 секунд.

Согласно рекомендациям работы [5], образцы перед нагревом покрывали суспензией коллоидного графита (концентрация 25 %). Слой графита предохранял образцы от обезуглероживания и окисления, препятствовал сварке заготовок в печи, оказывал смазочное действие в штампе при горячей штамповке. Измерение твёрдости и ударной вязкости проводили на образцах (без надреза) после горячей штамповки. При определении твёрдости по Роквеллу поверхность образца зачищали наждачной бумагой. Для определения временного сопротивления разрыву из полученных горячей штамповкой образцов вытачивали образцы по ГОСТ 1497–86. Механическая обработка проводилась резами с режущей пластиной композит 10 (гексагонит-Р).

Для уменьшения перепада температур перед началом штамповки каждой партии образцов, состоящей из 3 штук, пресс-форму нагревали до температуры 250–300 °С. В дальнейшем температура поддерживалась на указанном уровне за счёт тепла, вносимого поступающими образцами, чем обеспечивалось относительное постоянство условий штамповки. Во избежание задиров, рабочую поверхность матрицы перед горячей штамповкой каждого образца смазывали смазкой, состоящей из машинного масла с добавлением 10 % графита. После горячей штамповки и удаления заусенцев измеряли размеры образцов, определяли их массу и рассчитывали плотность. Результаты экспериментов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Механические свойства образцов после горячей штамповки в зависимости от времени выдержки при нагреве

№ п/п	Время выдержки при нагреве, мин.	Температура нагрева, °С	Механические свойства		
			HRC	КС, кДж/м ²	σ_b , МПа
1	5	1100	22	33	–
2	10	1100	24	45	350
3	15	1100	35	46	360
4	25	1100	40	57	420
5	30	1100	41	59	450

Анализ данных табл. 1 показывает, что увеличение времени нагрева до 20–30 мин. приводит к повышению прочности до $\sigma_b = 420$ –450 МПа. Дальнейшее увеличение времени нагрева не даёт ощутимых результатов. Следовательно, увеличение времени нагрева более 25 мин. нецелесообразно для данного материала.

Результаты металлографических исследований образцов после горячей штамповки, в зависимости от времени выдержки при нагреве, представлены в табл. 2. Металлографический анализ проводился оптическим методом при увеличении 100–500 раз на микроскопе мод. 301–213003 (Ernst Leitz GmbH Wetzlar, Германия). Травление шлифов производилось 5 % раствором азотной кислоты в спирте, насыщенным водным раствором гипосульфита с добавлением сернокислого калия. Анализ данных табл. 2 позволил установить, что оптимальное время выдержки при нагреве после горячей штамповки является 20–25 мин. Полученные горячей штамповкой хромистые образцы содержат в структуре мартенсит и троостомартенсит, что позволяет прогнозировать высокую износостойкость в эксплуатации.

Механические свойства штампованного хромистого материала, предварительно нагретого в течение 25 мин. при 1100 °С, приведены в табл. 3. Для сравнения приведены также механические свойства горячештампованных спеченных образцов по данным работы [1].

Таблица 2

Результаты металлографических исследований образцов после горячей штамповки в зависимости от времени выдержки при нагреве

№ п/п	Время выдержки при нагреве, мин.	Температура нагрева, °С	Структурные составляющие	Микротвёрдость структурных составляющих, МПа	Содержание структурных составляющих, %
1	5	1100	перлит	215–254	90–85
			феррит	–	следы
			карбиды	1116–1227	5
2	10	1100	мартенсит	467–472	20–30
			сорбит	285–299	35
			перлит	218–221	30
			карбиды	1287	5
3	15	1100	мартенсит	561–686	50
			сорбит	285–299	45
			карбиды	1116	5
4	20	1100	троосто-мартенсит	452	50
			мартенсит	475–545	30
			сорбит	320	15
			карбиды	1116	5
5	25	1100	мартенсит	579–713	65
			троосто-мартенсит	463–545	15
			сорбит	299–319	15
			карбиды	1116	3–5
6	30	1100	троосто-мартенсит	475–463	60
			сорбит	299–319	35
			карбиды	1385	3–5

Высокая твёрдость хромистых горячештампованных образцов объясняется эффектом самозакалки, т. е. критическая скорость закалки соизмерима со скоростью охлаждения деталей в штампе, а затем вне него. Низкая ударная вязкость обусловлена наличием остаточной пористости (2–5 %). Поры, имеющие щелевидную форму и воздействующие как надрезы, являются серьёзным дефектом структуры и являются концентраторами напряжений. Повышение предела прочности до 420–440 МПа достигается благодаря легированию железной матрицы хромом и углеродом, а также уменьшением количества окислов за счёт довосстановления железного порошка.

Таблица 3

Механические свойства хромистых порошковых образцов в зависимости от относительной плотности

№ п/п	Относительная плотность, %	Механические свойства					
		HRC		КС, кДж/м ²		σ_b , МПа	
		непеченных	спеченных	непеченных	спеченных	непеченных	спеченных
1	95	32	47	40	45	370	520
2	97	34	50	46	57	420	600
3	98	41	51	47	59	440	650

ВЫВОДЫ

1. Применение горячей штамповки пористых порошковых заготовок позволяет получить практически беспористые или обладающие незначительной остаточной пористостью (2–5 %) детали.

2. Применение данного технологического варианта получения хромистых горячештампованных деталей методом порошковой металлургии без проведения предварительного спекания возможно для деталей конструкционного назначения мало и средненагруженных (втулки, гильзы, муфты, рычаги и т. п.).

3. Механические свойства предварительно спеченных горячештампованных образцов на 30 % выше, чем у непеченных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дорощев Ю. Г. *Динамическое горячее прессование пористых порошковых заготовок* / Ю. Г. Дорощев. – М. : Металлургия, 1977. – 216 с.
2. Гарина И. М. *Применение горячейковки в порошковой металлургии железа за рубежом* / И. М. Гарина // *Порошковая металлургия : обзорная информация ин-та «Черметинформация»*. – 1985. – Вып. 1. – С. 1–8.
3. *Исследование технологических параметров горячей штамповки порошковой хромистой стали* / Б. Е. Михайленко, С. Г. Приймченко, В. В. Корж, В. Г. Корж // *Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : зб. наук. праць*. – Краматорськ : ДДМА, 2002. – С. 362–365.
4. Михайленко Б. Е. *Исследование влияния изменения давления прессования на плотность и пористость прессовки из хромистого порошкового материала* / Б. Е. Михайленко, В. В. Корж, В. Г. Корж // *Застосування теорії пластичності в сучасних технологіях обробки тиском : тези доповідей на Міжнар. наук.-техн. конференції*. – Вінниця, 2001. – С. 92–93.
5. Дорощев Ю. Г. *Конструкционные порошковые стали и изделия* / Ю. Г. Дорощев, Л. Г. Мариненко, В. И. Устищенко. – М. : Металлургия, 1986. – 144 с.
6. Анциферов В. Н. *Порошковые легированные стали* / В. Н. Анциферов, В. Б. Акименко, Л. М. Гревнов. – М. : Металлургия, 1991. – 318 с.
7. Либенсон Г. А. *Процессы порошковой металлургии. В 2-х т. Т. 2. Формование и спекание : учебник для вузов* / Г. А. Либенсон, В. Ю. Лопатин, Г. В. Комарницкий. – М. : МИСИС, 2002. – 320 с.

Корж В. В. – науч. сотрудник ЦП;

Лаптев А. М. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедры МТиТОМ ДГМА.

ЦП – Центр продуктивности, г. Краматорск;

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: laptev@dgma.donetsk.ua