

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СПЛАВА Т5К10

Исследовано влияние структурных изменений на свойства твердого сплава Т5К10 при термической обработке. Установлена возможность изменения величины износа твердого сплава путем варьирования режимов термической обработки.

Ключевые слова: твердый сплав, термическая обработка, свойства, структура.

Стойкость режущего инструмента может быть изменена путем дополнительной обработки его поверхностного слоя и изменения структуры. Прочность твердых сплавов зависит от многих факторов, таких как фазовый состав сплава, размер зерен карбида и кобальтовой фазы, напряжения в кобальтовой и карбидной фазах.

В работе [1] показано, что пределы упругости и текучести твердых сплавов определяются состоянием связующей фазы. Обычно используемые в промышленности среднезернистые сплавы разрушаются по кобальтовой фазе или по межфазным границам.

Упрочнение твердых сплавов возможно путем воздействия на связующую фазу, и одним из способов воздействия является термическая обработка. Результаты работ, посвященных термической обработке твердых сплавов, во многом противоречивы [2]. В этой работе показаны попытки проведения различных видов термической обработки как спеченных твердых сплавов, так и при изменении условий охлаждения в процессе спекания. Термическая обработка спеченных сплавов проводится в большинстве случаев по двум направлениям [3]:

- нагрев до температуры от 800 °С до 1250 °С с последующим охлаждением в различных средах;

- отжиг (или отпуск) при температуре от 600 °С до 1250 °С в течение нескольких часов (иногда время отжига достигает 100 часов).

Применением термической обработки добиваются в сплаве структурных превращений, а применение отпуска способствует снижению термических напряжений, но повышение прочностных характеристик достигается не во всех случаях, и это связано, очевидно, с тем, что среда, в которой образцы нагревались, время выдержки при заданной температуре, а также скорость охлаждения не обеспечили, с одной сто-

роны, протекания структурных превращений в твердом сплаве, а с другой – фиксирования возможных изменений структуры.

Исследования характера разрушения твердых сплавов, в том числе с использованием методов электронной микроскопии и фрактографии, дают ценные сведения при выяснении вопроса, какой из этих факторов имеет преобладающее значение в обеспечении прочностных характеристик твердых сплавов.

Целью данного исследования является определение влияния термической обработки на износостойкость пластин твердого сплава марки Т5К10, а так как эксплуатационные свойства твердых сплавов во многом определяются структурой, то изучение изменения структуры в процессе термообработки – важная задача.

Основными факторами, влияющими на структуру и свойства твердого сплава, являются температура нагрева, время выдержки, скорость и среда охлаждения [4].

Для нагрева при различных видах термической обработки (закалка (изотермическая, однократная и двукратная), отпуск) твердосплавного режущего инструмента применяют печи-ванны. В качестве жидких нагревательных сред в печах-ваннах применяют расплавленные металлы (свинец и его сплавы), расплавленные соли, синтетические шлаки.

При нагреве в солях возможно обезуглероживание поверхности при наличии в них растворенного кислорода и оксидов. Поэтому перед работой и в процессе работы ванны ее периодически раскисляют и в качестве раскислителей применяют буру, 80%-й ферросилиций, а для хлористого бария – фтористый магний, и чем выше температура печи-ванны, тем чаще ее раскисляют.

Для отделения электродов от рабочего пространства применяют электродные печи-ван-

ны с внутренними экранами, которые предохраняют детали от соприкосновения с электродами и уменьшают окисление расплава. Для термической обработки твердосплавного инструмента использовали печи-ванны типа С-35.

В зависимости от требуемой температуры составы расплава солей в тиглях различные. Перед загрузкой в тигли соль NaCl просушивали при температуре 150 °С в течение шести часов, а BaCl₂ прокаливали при температуре 600 °С в течение часа.

Термическую обработку проводили на образцах из твердого сплава Т5К10 размером 5х5х35 мм, нагрев под закалку проводили в соляных печах-ваннах ПО «Стрела». Режимы термической обработки представлены в таблице 1. Перед нагревом под закалку образцы на два часа помещали в индустриальное масло (И 20), что позволило уменьшить их окисление и обезуглероживание. При проведении эксперимента варьировали температуру нагрева под закалку: основной уровень 1000 °С, интервалы варьирования ± 150 °С – и температуру изотермической выдержки: основной уровень 350 °С, интервалы варьирования ± 150 °С. Время изотермической выдержки составляло 15 минут. После термической обработки измеряли твердость и проводили испытания образцов на износ.

Испытания на износ проводили на машине трения по схеме вращающийся диск – колодка. В качестве диска использовали абразивный круг марки ПП63С25СМ2 на керамической связке. Величину износа определяли с помощью микрометра, а также путем сравнения массы образцов до и после испытания. Массу образцов измеряли на аналитических весах АДВ-200. Усилие прижатия образцов к поверхности круга составляло 2,7 МПа. Результаты изменения линейных размеров образца представлены в таблице 2.

На основании полученных данных были рассчитаны коэффициенты уравнений регрессии и проведен их анализ. После отсева незначимых коэффициентов уравнение регрессии по выходному параметру «микротвердость» примет вид:

$$Y_1 = 1482 - 21,5X_1 - 12,5X_2 - 12,5X_3 + 22,5X_4 + 15X_1X_3.$$

Уравнение регрессии по износу имеет вид:

$$Y_2 = 0,4325 + 0,02X_1 - 0,12X_3 - 0,0125X_1X_3 - 0,015X_3X_4.$$

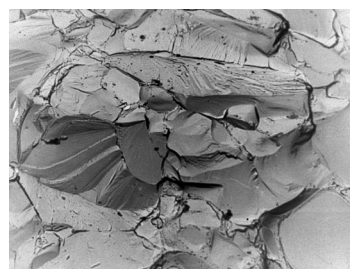
Анализ полученных уравнений показывает, что они адекватно описывают рассматрива-

Таблица 1. Режимы термической обработки

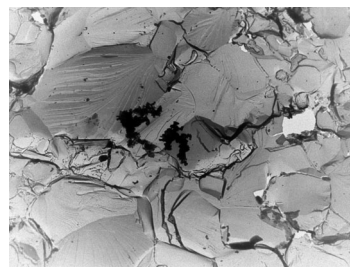
№ опыта	Температура нагрева, °С			
	под первую закалку	первой изотермической выдержки	под вторую закалку	второй изотермической выдержки
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
1	1150	500	1150	500
2	850	500	1150	200
3	1150	200	1150	200
4	850	200	1150	500
5	1150	500	850	500
6	850	500	850	200
7	1150	200	850	200
8	850	200	850	500
9	1000	350	1000	350

Таблица 2. Линейный износ образцов Т5К10

№ опыта	Износ, мм		№ опыта	Износ, мм	
	текущий	средний		текущий	средний
1	0,46; 0,44; 0,38	0,427	6	0,39; 0,43; 0,40	0,407
2	0,42; 0,43; 0,45	0,433	7	0,45; 0,43; 0,47	0,45
3	0,44; 0,47; 0,39	0,433	8	0,42; 0,42; 0,43	0,423
4	0,38; 0,41; 0,37	0,387	9	0,36; 0,34; 0,28	0,327
5	0,49; 0,51; 0,54	0,513	Исходный	0,49; 0,55; 0,47	0,503



а



б

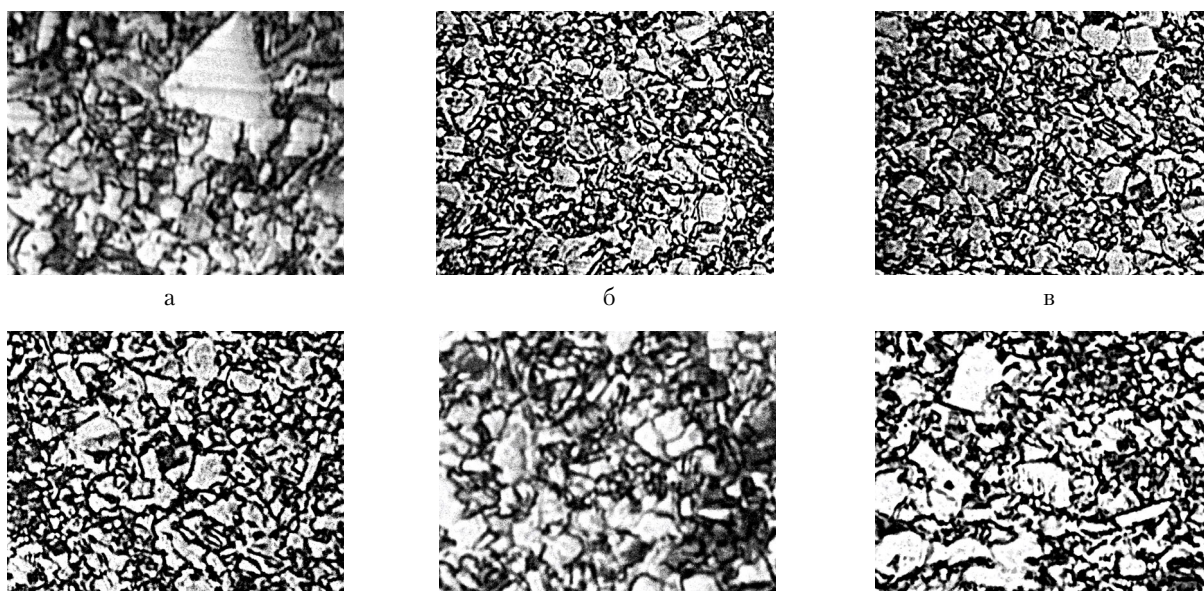
Рисунок 1. Фрактография излома исходного (а) и термообработанного сплава (б)×7200

емые процессы, а также то, что на твердость в большей степени влияют температура второй изотермической выдержки и температура нагрева под первую закалку, причем последняя с обратным знаком. На износостойкость наибольшее влияние оказывает температура первой изотермической выдержки, ее влияние также с обратным знаком.

Исследование микроструктуры твердосплавных образцов, подвергнутых термообработке по различным режимам, и без термообработки проводили на металлографических микроскопах МИМ-10 и Altamı Met 3. Микроструктура и фрактография излома сплавов Т5К10 показаны на рисунках 1, 2.

Таблица 3. Условия проведения термической обработки и результаты испытаний на стойкость сплава Т5К10

№ опыта	Температура нагрева под закалку, °С	Среда охлаждения	Температура отпуска, °С	h _п , мкм	h _з , мкм
1	1150	масло	800	800	875
2	1150	воздух	800	765	680
3	850	масло	800	820	760
4	850	воздух	800	865	655
5	1150	масло	400	893	1070
6	1150	воздух	400	735	990
7	850	масло	400	850	710
8	850	воздух	400	800	1060
9	1000	масло	600	915	645
10	1000	воздух	600	925	775
11	без термической обработки			970	1120



а) – исходный; б) – $T_1 = 1150\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2 = 500\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{22} = 1150\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{222} = 500\text{ }^{\circ}\text{C}$; в) – $T_1 = 850\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2 = 500\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{22} = 850\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{222} = 500\text{ }^{\circ}\text{C}$; г) – $T_1 = 1150\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{11} = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2 = 1150\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{22} = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$; д) – $T_1 = 850\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{11} = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2 = 850\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{22} = 500\text{ }^{\circ}\text{C}$; е) – $T_1 = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{11} = 350\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2 = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{22} = 350\text{ }^{\circ}\text{C}$, T_1 и T_2 – температура нагрева под первую и вторую закалку, T_{11} и T_{22} – температура нагрева при первой и второй изотермической выдержке

Рисунок 2. Микроструктура образцов (х1300) твердых сплавов Т5К10

Испытания на износ термообработанных сплавов Т15К6 при торцевом точении заготовок на токарно-винторезном станке 16К20 проводились на оренбургском заводе «Металлист». Заготовки представляли собой разрезанную на части ось вагонной колесной пары, изготовленную из Ст. 5. Наружный диаметр заготовки составил 190 мм, диаметр отверстия – 30 мм. Испытания проводились при частоте вращения шпинделя станка 900 об/мин, глубина резания составляла 1 мм, подача автоматическая 0,24 мм/об. Износ инструмента определяли после 10 проходов торцевого точения. Измеряли величину износа пластины по передней (h_n) и задней (h_z) поверхности. Результаты испытания приведены в таблице 3.

Наилучшие результаты получили при температуре нагрева под первую и вторую закалку 1000 °С и температуре первой и второй изотермической выдержки 350 °С. Продолжительность выдержки при нагреве под закалку составляла 4 минуты, а изотермической выдержки – 10 минут.

На основании проведенных стойкостных испытаний термически обработанных твердосплавных пластин из твердого сплава Т5К10 с нагревом в расплавах солей при различных режимах закалки установлено, что проведение термообработки при оптимальных условиях приводит к повышению износостойкости твердосплавных пластин Т5К10 до полутора раз.

Список литературы:

1. Третьяков В.И., Клячко Л.И. Твердые сплавы, тугоплавкие металлы, сверхтвердые материалы / В.И. Третьяков, Л.И. Клячко. – М.: Руда и металлы, 1999. – 264 с.
2. Панов, В. С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них / В.С. Панов, А.М. Чувилин, В.А. Фальковский. – М.: «МИСИС», 2004. – 464 с.
3. Лошак, М.Г. Упрочнение твердых сплавов / М.Г. Лошак, Л.И. Александрова. – Киев: Наукова думка, 1987. – 285 с.
4. Чапорова, И.Н. Структура спеченных твердых сплавов / И.Н. Чапорова, К.С. Чернявский. – М.: Металлургия, 1975. – 248 с.

Сведения об авторах:

Богодухов С.И., заведующий кафедрой материаловедения и технологии материалов аэрокосмического института Оренбургского государственного университета (ГОУ ОГУ), доктор технических наук, профессор,

460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, тел.: 34-68-90, 37-25-11, email: ogu@mailgate.ru

Килов А.С., доцент кафедры материаловедения и технологии материалов аэрокосмического института ГОУ ОГУ, кандидат технических наук, доцент.

Козик Е.С., доцент кафедры материаловедения и технологии материалов аэрокосмического института ГОУ ОГУ, кандидат технических наук, доцент.

Шейн Е.А., преподаватель кафедры материаловедения и технологии материалов аэрокосмического института ГОУ ОГУ

Шейнин Б.М., старший преподаватель кафедры материаловедения и технологии материалов аэрокосмического института ГОУ ОГУ, кандидат технических наук.

Хайбуллин Р.Р., старший преподаватель кафедры ремонта машин ГОУ ОГАУ, кандидат технических наук.

Bogodukhov S.I., Kilov A.S., Kozik E.S., Shein E.A., Sheynin B.M., Khaybullin R.R.
INCREASING THE DURABILITY OF FUSION T5K10

The authors investigated the influence of structural changes to the properties of hard fusion T5K10 during thermal treatment. They established the possibility of changing the value of durability of hard fusion by the variation of the regimes of thermal treatment.

The key words: Hard fusion, thermal treatment, property, structure.

References:

1. Tretyakov, V.I. Firm alloys, refractory metals, superfirm materials / V.I. Tretyakov, L.I. Klyachko – M.: Ruda i metalli, 1999. – 264 с.
2. Panov, V.S. Technology and properties of sintering firm alloys and products from them / V.S. Panov, A.M. Chuvin, V.A. Falkovsky. – M.: «MISIS», 2004. – 464 с.
3. Loshak, M.G. Hardening of firm alloys / M.G. Loshak, L.I. Aleksandrova. – Kiev: Naukova dumka, 1987. – 285 с.
4. Chaporova, I.N. Structure of sintering firm alloys / I.N. Chaporova, K.S. Chernyavsky. – M.: Metallurgiya, 1975. – 248 с.