

Таким условиям удовлетворяют двух-четырёхрезцовые "плавающие" блоки с оппозитным расположением резцов с одной степенью свободы в плоскости размерообразования [4].

Из анализа результатов расчета деформации (рисунок 5) следует, что «плавание» резцового блока целесообразно обеспечить в тангенциальном направлении, при этом на резцах стабилизируется сила резания, а деформации как всего инструмента, так и режущего модуля будут минимизированы.

Выполненные расчеты показали, что режущий модуль технологически устойчив при обработке на скоростях 80-150 м/мин при подаче 1,0-1,5 мм/об. Наибольшие значения деформации, перемещения и напряжения имеют в месте приложения сил резания и составляют: деформации - 6,12 мкм/м, перемещение – 6,12 мкм, напряжение 1,42 Мпа, что позволяет достигать заданных параметров качества обработки.

Литература

1. Азаревич Г.М. и др. Совмещение процессов резания и ППД при автоматизированной токарной обработке валов. "Вестник машиностроения", 1985, № 1, с. 46-52.
2. Максимов Ю.В., Анкин А.В., Ветрова Е.А. Колебания поперечного сечения нежесткой детали типа полый цилиндр при комбинированной обработке резанием и поверхностным пластическим деформированием. Реферируемый журнал «Известия МГТУ «МАМИ», № 1 (7), 2009, с. 124-127.
3. Максимов Ю.В., Анкин А.В. Образование погрешности при комбинированной обработке нежестких валов. – "Автомобильная промышленность", № 9, 1995. с. 28-31.
4. Максимов Ю.В., Логинов Р.В. Моделирование комбинированной обработки нежестких валов. "Химическое и нефтегазовое машиностроение", 1998, № 9-10, с. 61-63.

Металлокерамические сплавы для высоконагруженных электроконтактов системы зажигания ДВС

д.т.н. проф. Арзамасов В.Б., к.т.н. доц. Смирнова Э.Е., Рыков Д.Е., Рябчик Т.А.
*Университет машиностроения
8(495)223-05-23, доб. 1387*

Аннотация. Приводятся экспериментальные исследования влияния легирования и структуры на физико-механические свойства металлокерамических сплавов вольфрама с добавками тугоплавких соединений редкоземельных металлов. Показана перспективность применения сплавов вольфрама с оксидом иттрия в качестве материала для высоконагруженных контактов системы зажигания двигателей внутреннего сгорания.

Ключевые слова: электроконтактные материалы, металлокерамические сплавы, редкоземельные металлы, термоэмиссия, система зажигания двигателей внутреннего сгорания.

Введение

Эффективность, а во многих случаях и безопасность эксплуатации транспортных средств зависит от надежности электроконтактов, работоспособность которых обеспечивается, прежде всего, видом контактного материала и способом его обработки.

Хотя в настоящее время и существует относительно большой выбор электроконтактных материалов (ЭКМ), необходимость в совершенствовании их свойств продолжает оставаться, что особенно ощутимо на фоне неуклонного роста парка транспортных средств и оборудования для их диагностики и ремонта, обуславливающего увеличение выпуска электроконтактов.

И все же проблема создания новых и совершенствования уже имеющихся материалов для контактов различного назначения еще далеко не решена. Особо остро эта задача стоит при создании высоконагруженных ЭКМ, предназначенных для работы в условиях дугообразования в среде с повышенным содержанием паров бензина, масел и влаги, при больших

контактных нажатиях и высоких частотах срабатывания.

Постановка задачи

В настоящее время основным материалом для высоконагруженных электроконтактов (ВЭКМ) двигателей внутреннего сгорания является вольфрам, который уже не удовлетворяет возросшим требованиям. В этой связи представляет интерес металлокерамические сплавы вольфрама с добавками тугоплавких соединений редкоземельных и переходных материалов [1]. В настоящей работе приведены результаты исследований влияния легирования и структурного состояния на физико-механические свойства дисперсно-упрочненного вольфрама как перспективного материала для высоконагруженных коммутирующих электроконтактов системы зажигания ДВС.

Результаты

Маркировка и химический состав исследованных сплавов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Маркировка, состав и физико-химические свойства спеченных металлокерамических сплавов вольфрама

Марка сплавов	Объемная доля включений, f	Плотность, г/см ³		Пористость %	Удельное электро Сопротивление мк Ом·см		Микротвердость Н100
		Теор.	Эксп.		Теор.	Эксп.	
ВИ 5 (0,5% Y ₂ O ₃)	1,9	19,03	18,27	4,0	5,94	5,95	340
ВИ 10 (1,0% Y ₂ O ₃)	3,7	18,77	17,91	4,5	6,16	6,20	344
ВИ 15 (1,5% Y ₂ O ₃)	5,5	18,52	17,65	4,7	6,38	6,42	346
ВИ 20 (2,0% Y ₂ O ₃)	8,5	18,20	17,26	5,2	6,74	6,80	351
ВИ 25 (2,5% Y ₂ O ₃)	9,0	18,02	16,71	6,3	7,01	7,25	360
ВИ 30 (3,0% Y ₂ O ₃)	11,4	17,37	16,05	7,6	7,49	7,70	365
ВЛ 15 (1,5% La ₂ O ₃)	4,8	18,75	17,57	6,2	6,42	6,79	366
ВИб 15 (1,5% YB ₆)	7,3	18,16	15,02	9,1	7,15	8,01	392
ВЦн 15 (1,5% ZrN)	4,5	18,72	17,58	6,1	6,47	6,74	380

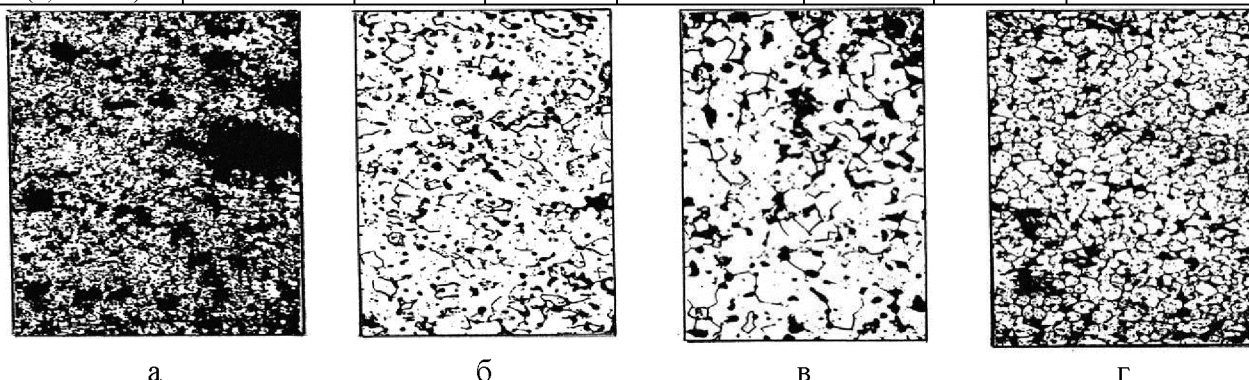


Рисунок 1 – Микроструктура дисперсно-упрочненного вольфрама в спеченном состоянии, 340х: а – Виб-15; б – ВЛ-15; в – ВЦн-115; г – ВИ-15

Анализ результатов металлографических исследований сплавов вольфрама, представленных на рисунке 1 показал, что исследуемые сплавы системы W – MeхNu имеют характерную дисперсно-агрегатную структуру. Зёрна матрицы полиэдрической формы имеют извилистые, плохо протравляющиеся границы. Результаты пикнометрического анализа (таблица 1) показывают, что плотность исходных образцов отличается от теоретической, что говорит о

наличии пористости. Так, в сплаве W – 1,5%YB6 наблюдаются крупные сообщающиеся поры (рисунок 1а), при этом удельное электросопротивление и микротвердость имеют максимальные значения, что свидетельствует о диссоциации легирующей добавки YB6 уже на стадии спекания. Поэтому термодинамическая нестабильность YB6 ведет к повышенной растворимости частиц и значительной пористости. Для остальных сплавов характерна мелкая, рассеянная пористость (рисунки 1б, 1в и 1г), обусловленная технологическими особенностями спекания.

Таким образом, проведенные совместно исследования микроструктуры, плотности, электросопротивления и микротвердости позволяют сделать вывод о термодинамической устойчивости вводимых добавок, которые (в порядке возрастания стабильности) можно расположить в следующий ряд: YB6 – ZrN – La2O3 – Y2O3.

Исследования влияния степени деформации на твердость, плотность электропроводность и температуру рекристаллизации проводились на иттрированном вольфраме, с содержанием 0,5 и 1,5 масс.% Y2O3. Для этого при температурах 1500...1600°С спеченные прутки были подвергнуты ковке в отжимках со степенью деформации 10% и прессованию на 30...50%. Оказалось, что все образцы, изготовленные из сплава ВИ-15, разрушаются в процессе прессования, т.е. пластическая деформация этого сплава более чем на 55% невозможна в связи с повышенной хрупкостью металлокерамического вольфрама с большим содержанием второй фазы. Поэтому лишь образцы из сплава ВИ-5 удалось продеформировать на 90% продольной прокаткой с промежуточными отжигами. Исследования микроструктуры деформированных сплавов показали, что структура сплава ВИ-15 при степени деформации 10% (рисунок 2а) характеризуется незначительной ориентированностью, присущей для малых степеней деформации. С ростом степени деформации образцов ориентированность зерен увеличивается вместе с коэффициентом асимметрии их формы (рисунки 2б, 2в). Одновременно снижается выход годного материала, составляющего 95...97% при E=30...35%, а при E=55% все образцы разрушаются в процессе деформации, даже проводимой при температурах максимальной пластичности вольфрама 1400...1600°С [2]. Образцы из сплава ВИ-5, которые удалось продеформировать на 90%, имеют волокнистую структуру, характерную для высоких степеней деформации (рисунок 2г).

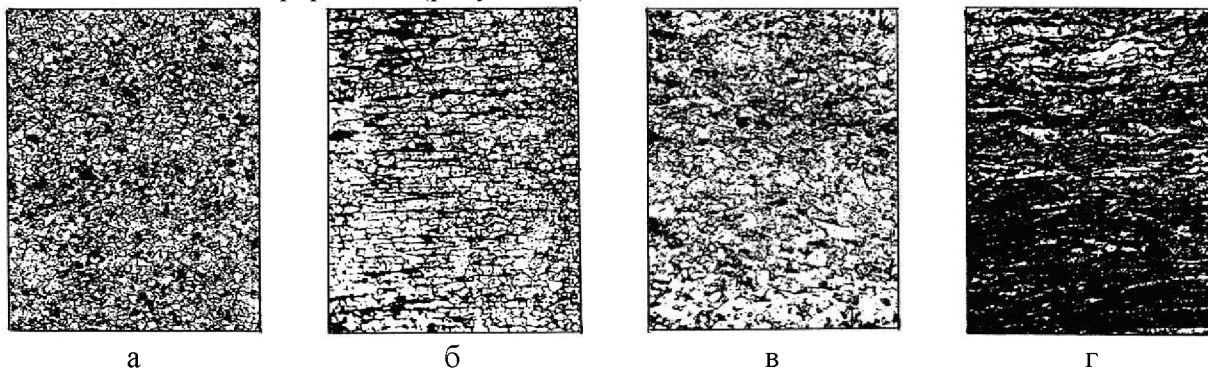


Рисунок 2 – Микроструктура иттрированного вольфрама в зависимости от степени деформации, 200х: а – Виб-15 E = 10%; б – ВЛ-15 E = 35%; в – ВИ-15 E = 55%; г – ВИ-5 E = 90%

Результаты исследований твердости, плотности, электропроводности и температуры начала рекристаллизации, представленные на рисунке 3, позволили установить некоторые закономерности влияния степени деформации на комплекс физико-механических характеристик металлокерамического вольфрама. В частности, было замечено, что с ростом степени деформации возрастает плотность сплава, которая для сплава ВИ – 5 при E = 90% приближается к теоретической. Аналогичная зависимость наблюдается и для микротвердости, растущей с увеличением степени деформации и искаженности кристаллической решетки матрицы. Однако подобные изменения влияют на значительное снижение электропроводности, причем это снижение не компенсируется некоторым увеличением электропроводности за счет большей компактности и ориентации вытянутых зерен вдоль оси контакта. Рост степени дефор-

мации ведет также к закономерному снижению температуры начала рекристаллизации сплавов, что обусловлено увеличением накопленной внутренней энергии, и если в сплаве ВИ-15, деформированном на 10%, рекристаллизация начинается лишь при температуре 2000°C, то в сплаве ВИ-5 (E=90%) – уже при температуре 1400°C, т.е. близка к таковой для нелегированного вольфрама по данным [2].

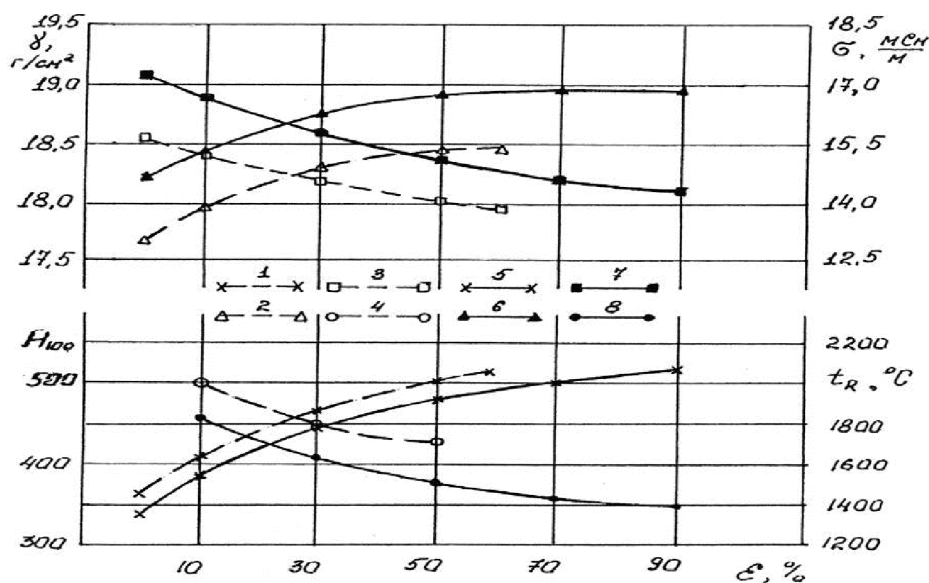


Рисунок 3 – Влияние степени деформации на микротвердость (1,5), плотность (2,6), электропроводность (3,7) и температуру начала рекристаллизации (4,8) легированного вольфрама: ВИ-15 ВИ-5

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что увеличение степени деформации металлокерамического вольфрама более 10%, т.е. превышающую деформацию, необходимую для стабилизации размеров и некоторого увеличения компактности, нежелательно, т.к. ведет к ухудшению теплофизических свойств сплавов и снижению термической стабильности структуры и свойств, определяющих работоспособность электроконтактных материалов.

Влияние количества легирующей добавки на физико-механические свойства металлокерамического вольфрама, проводимые на сплавах с наиболее термодинамически стабильной добавкой Y_2O_3 .

Анализ полученных результатов, представленных на рисунке 4 в виде графиков, показал, что с увеличением количества легирующей добавки наблюдается закономерное изменение свойств сплавов. Увеличение содержания в сплаве второй фазы, имеющей плотность 5,03 г/см³, т.е. почти в 4 раза меньшую, чем у вольфрама (19,3 г/см³), естественно ведет к снижению плотности сплава. Однако одновременно ухудшается спекаемость и возрастает пористость, что вызывает более резкий рост удельного электросопротивления по сравнению с рассчитанным для компактного материала, причем особенно резкое увеличение пористости отмечается начиная с 2% Y_2O_3 , что ведет к более значительному увеличению измеренного удельного сопротивления по сравнению с рассчитанным. В соответствии с законом Видемана-Франца [3] это должно вызвать одновременное снижение теплопроводности, играющей существенную роль в тепловом балансе высоконагруженных коммутирующих электроконтактов, нарушение которого приведет к снижению работоспособности.

Меньшее влияние количества введенной дисперсной фазы оказывает на значение работы выхода электрона сплавов. Однако необходимо отметить, что начиная с 1% Y_2O_3 наблюдается существенное снижение ϕ (менее 4эВ при 2200°C). Увеличение легированности сплавов до 3 масс.% значительного влияния на термоэмиссионные свойства материала не оказывает.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что увеличение количества легирующей добавки ведет к снижению как работы выхода электрона, так и ухудшает теплофизические свойства.

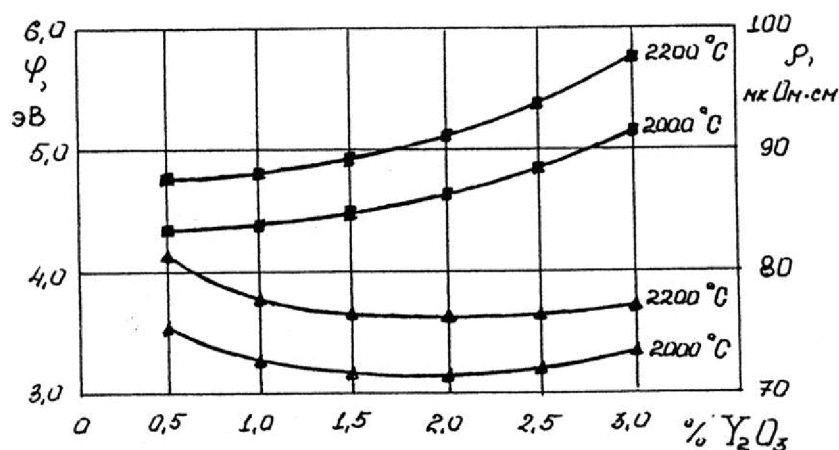


Рисунок 4 – Влияние количества (мас.%) Y_2O_3 на свойства вольфрама в спеченном состоянии (а) и при высоких (б) температурах (1-2 расчет, 3-б эксперимент)

Поэтому допустимыми пределами изменения активной фазы являются 0,5...1,5%, причем меньшее значение содержания легирующей добавки допустимо для контактов, работающих в цепи с силой тока менее 10А (магнето, контакты прерывателей зажигания ДВС), а большие значения – для контактов, коммутирующих токи свыше 10А, особенно в условиях горения затяжных дуг (контакты мощных, тяжело нагруженных трансформаторов, контакты с высокими токами короткого замыкания).

Выводы

Таким образом, проведенные исследования влияния легирования и структурности состояния на физико-механические свойства дисперсно-упрочненного вольфрама показали следующее:

- структура исследуемых сплавов в спеченном состоянии не может считаться удовлетворительной без применения последующей деформации;
- увеличение степени деформации, необходимое для увеличения компактности сплавов и ориентации зерен более 10% негативно сказывается на термической стабильности и тепло-электрофизических свойствах сплавов;
- оптимальное содержание в вольфраме наиболее стабильной легирующей добавки Y_2O_3 составляет 0,5...1,5 масс%;

В целом проведенные исследования показали перспективность применения металлокерамических сплавов ВИ-5 и ВИ-15 для контактов системы зажигания ДВС.

Литература

1. Арзамасов В.Б. Материалы для высокотемпературных электродов различного назначения. Справочник по конструкционным материалам. – М., МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2005, 551-554.
2. Савицкий Е.М., Поварова К.Б., Макаров П.В. Материаловедение вольфрама. - М., «Металлургия», 1978, 223 с.
3. Пелецкий В.Э., Тимрот Д.Л. Высокотемпературные исследования тепло- и электропроводности твердых тел. – М., «Энергия», 1971, 192 с.

Статистическое моделирование выходных параметров в процессе обработки керамических композиционных материалов связанным абразивом

к.т.н. доц. Бахарев В.П., Кнутова Е.Е.
Филиал МГИУ в г. Кинешме

8 (49331) 5-82-50, 5-32-43, kineshma.msiu@rambler.ru

Аннотация. Изложены теоретические и экспериментальные результаты статистического моделирования процессов доводки керамики связанным абразивом