

Разработка технологии производства нового спеченного сплава Mo-TiC

З. З. Ислиддинов, Ш.У. Марданокулов, С.Д.Нурмуродов, А.Х. Расулов,
А.А.Алланазаров

(Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, Узбекистан)

В статье рассматриваются результаты разработки получения сплавов на основе молибдена, используемых для изготовления формообразующих инструментов высокотемпературного прессования. Металлокерамический материал на основе молибдена содержит карбида титана 39-42%, никеля 11-12%, вольфрама 3-4%, железа 3-4%, молибден-остальное. Существенным отличием и новизной являются измененные количественные соотношения компонентов, позволяющие получить новое качество изделий из предлагаемого состава металлокерамического материала, с улучшенными свойствами.

Ключевые слова: молибден, изготовление, формообразующий, прессование, материал, титан, никель, вольфрам, железо, прессования, спекание, водород, выдержка, процесс, плотность, нанопорошок, пресс-форма, печь, бандаж.

Надежность и работоспособность прокатных станов в металлургической промышленности определяются, в основном, состоянием их рабочих органов (непосредственно контактирующих с прокатом), являющихся наиболее быстро изнашивающимися. Мероприятия по повышению долговечности прокатных станов вызваны необходимостью упрочнения рабочих поверхностей, тяжелых условий работы рабочих органов, интенсивным температурным, ударным и абразивным износом, а также дороговизной импортируемых материалов.

Одним из основных и эффективных путей увеличения ресурса рабочих органов прокатных станов в металлургической промышленности является создание нанопорошков и твердосплавных материалов методом спекания.

Для производства изделий из твердых сплавов выбрана технология - изготовление деталей прессованием разработанного состава нанопорошков или твердосплавного материала прессования в пресс-формах с последующим спеканием в вакуумных печах.

Простота этой технологии в сочетании с низкой стоимостью делает изготовление рабочих частей прокатных станов весьма перспективным способом повышения их износостойкости, термостойкости и ударопрочности.

Целью данной работы является добиться значительное увеличение долговечности, а также локализации бандажа и других рабочих частей

прокатного стана (роликов коробки клетки и др.) за счет образования термостойких, ударопрочных и износостойких структур.

Известен сплав на основе молибдена, содержащий, масс. %: В-0,01-0,03; Ti-0,4-0,5; Ni-3-4; Co-3-4; Fe-0,1-0,3; Mo-остальное, который используется для улучшения свариваемости сплавов и не может быть применен для получения формообразующих изделий высокотемпературного прессования [1].

Известен сплав на основе молибдена, содержащий карбид титана и технологические добавки с вольфрамом. В состав сплава входят, масс. %: Mo -85%, TiC-10,5%, W-1,0%, Zr-0,6%.

К недостаткам этого изобретения относится нестабильность технологических свойств сплава и его высокая себестоимость, из-за введения большого количества дорогостоящего молибдена [2].

Наиболее близким аналогом по технической сущности является металлокерамический материал на основе молибдена, содержащий карбид титана и вольфрам, и, дополнительно, никель, железо и гексаборид лантана, при следующем соотношении компонентов, масс. %: карбид титана-45-48%, никель 1,5-2,5%, вольфрам 1,0-1,5%, железо 4,0-5,0%, гексаборид лантана-0,15-0,25%, молибден-остальное [3].

Недостатком этого металлокерамического материала является наличие в составе редкого и дорогого элемента-гексаборида лантана, также его достаточно высокая плотность и пониженная степень твердости и прочности на изгиб формообразующих инструментов, что снижает износостойкость и надежность инструмента, работающего в экстремальных условиях.

Создан металлокерамический материал для изготовления формообразующих инструментов на его основе, повышающий их износостойкость при работе в экстремальных условиях, за счет снижения их плотности, повышения твердости и прочности на изгиб.

Поставленная задача решается тем, что в металлокерамическом материале на основе молибдена, содержащем карбид титана, вольфрам, никель и железо, компоненты находятся при следующем соотношении, мас. %: карбид титана 39-42%, никель 11-12 %, вольфрам 3-4 %, железо-3-4%, молибден - остальное.

Сущность изобретения состоит в том, что металлокерамический материал на основе молибдена содержит карбида титана 39-42%, никеля 11-12%, вольфрама 3-4%, железа 3-4%, молибден-остальное. Существенным отличием и новизной являются измененные количественные соотношения компонентов, позволяющие получить новое качество изделий из предлагаемого состава металлокерамического материала, с улучшенными свойствами. В предлагаемом составе, в отличие от аналога, было уменьшено

количество карбида титана и увеличено количество связующих металлов. Экспериментально было установлено, что уменьшение количества карбида титана до 39-42%, при получении металлокерамического материала, способствует снижению температуры спекания сплава и энергетических затрат на операцию спекания, при этом, никель, титан и железо, являясь легирующими элементами, в предложенном соотношении способствуют сохранению деформируемости и однородности структуры материала с равномерным распределением элементов, усиливая также их синергическое взаимодействие с карбидом титана, являющегося модификатором, которое приводит к улучшению структурообразования. Это позволяет получить из металлокерамического материала твердые сплавы более высокого качества по технологическим показателям с плотностью-5,5-6,1 г/см³, твердостью-82-84 HRC и прочностью на изгиб-1080-1150 МПа, превышающие по вышеуказанным технологическим показателям, за счет изменения состава металлокерамического материала, показатели аналога в 1,2-1,3 раза, что свидетельствует о достижении технической задачи, поставленной в изобретении, и наличии причинно-следственной связи между изобретением и поставленной технической задачей.

Металлы, находящиеся в составе предлагаемого металлокерамического материала на основе молибдена, в процессе высокотемпературного спекания, проявляют себя следующим образом:

Никель, введенный в композицию в пределах 11-12%, активирует горячее спекание и, при выбранной нами температуре технологического процесса и заданном количестве компонента, происходит максимальное покрытие поверхности частиц обтекание вольфрама никелем и за счет значительной растворимости вольфрама в никеле, происходит перекристаллизация частиц вольфрама, способствующая повышению пластичности, следовательно, и прессуемости металлокерамического материала и уплотнению твердых сплавов, что приводит к улучшению эксплуатационных показателей таких как износостойкость и надежность, получаемых из него изделий.

Повышение содержания вольфрама в композиции до 3-4%, способствует упрочнению молибденовой основы и получению более высокой, по сравнению с аналогом, твердости сплава. Кроме того, в результате обработки карбида титана железом концентрации 3-4%, на поверхности частиц карбида титана происходит восстановления окислов и полное усвоение титаном молибдена и, как следствие, - упрочнение материала и повышение пластичности, вследствие того, что молибден хорошо поддается обработке давлением.

Содержание карбида титана, являющегося модификатором, в металлокерамической композиции количестве 39-42% при взаимодействии с остальными вышеприведенными легирующими компонентами в увеличенном количестве, позволяет обеспечить оптимальное физико-химическое взаимодействие компонентов при более низкой температуре спекания, что обеспечивает достижение более высоких технологических показателей по плотности и твердости, а также пластичности металлокерамического материала, благодаря которой, хорошо поддающегося обработке, в твердых сплавах.

По известной методике производится подготовка шихты из порошков для получения металлокерамического материала. путем отдельного измельчения в разных малогабаритных шаровых мельницах одной части смеси, в которую входит навеска из заданных количеств никеля, вольфрама, железа и молибдена и второй части смеси, которую составляет карбид кремния.

Далее составы объединяются, и окончательное смешивание продолжается, также в мельнице, ещё 6-8 часов. После чего, смесь просушивается в дистилляторе при температуре 100-120⁰С течение 8-12 часов и замешивается на пластификаторе 8%-го раствора каучука в бензине, затем вновь проходит сушку в течение 20-30 минут при такой же температуре. Готовая смесь прессуется в формах под давлением 100 кгс/мм² на пресс-агрегате П4626.

После прессования изделия сушатся в паровом шкафу в течение 18-24 при температуре 100-120⁰С часов, затем подвергаются предварительному высокотемпературному спеканию (1000-1100⁰С), в атмосфере водорода с выдержкой в 1 час. Режим окончательного спекания выбирается в зависимости от назначения изделия. После завершения процесса, проводятся замеры показателей плотности, твердости, прочности на изгиб на стандартных образцах по методикам, установленным Госстандартом РУз для твердых сплавов, на следующих аппаратах:

- плотность (уд. вес), ρ , г/см³ -методом гидростатического взвешивания-аппарат 33 № 67761.

- твердость, HRC-на приборе Виккерса-ЗИП модель ТК-2М, ГОСТ, 13407-67 № 1793;

- прочность на изгиб, $\sigma_{из}$ -на разрывной машине УММ -5.

Пример.1.Подготовку металлокерамического материала в виде порошковой смеси, для изготовления ролика вводной коробки клетки №25, проводили в малогабаритных шаровых мельницах при соотношении объемов смеси к объему шаров из твердого сплава ВК6, диаметром 30 мм, равном 1:4. Для этого, навеску входящих в состав композиции компонентов, разделили на две группы: в первую группу вошла навеска из Ni- 11% (1100г), W-3% (300г), Fe-3% (300г), Mo-41% (4100 г), а во вторую- TiC- 42% (4200 г).

Навеску порошка из никеля, вольфрама, железа и молибдена в количестве 5800г загрузили в шаровую мельницу, в которой провели предварительное смешивание в среде этилового спирта, при расходе 1,2 л этилового спирта на 1 кг порошка, в течение 11 часов. Навеску карбида титана весом 4200 г загрузили в другую мельницу и также произвели смешивание в среде этилового спирта. Далее составы объединили в одной мельнице и провели совместное смешивание ещё в течение 7 часов.

Полученную смесь просушили в дистилляторе при температуре 110⁰С в течение 10 часов, затем, замешали на пластификаторе- 8%-ном растворе каучука в бензине и вновь провели сушку в сушилке при температуре 110⁰С в течение 30 минут. Готовую смесь спрессовали в заданных формах, на пресс – агрегате П4626, под давлением 100 кгс/мм².

После прессования изделия сушили в паровом шкафу при температуре 110⁰С в течение 20 часов с выдержкой в 1 час, затем формообразующие изделия подвергали предварительному спеканию в атмосфере водорода при температуре 1100⁰С, с выдержкой 1 час.

Далее была проведена окончательная операция высокотемпературного спекания, которое проводилось в режиме среда–вакуум 10⁻³ мм рт. ст. в течение 2,5 часов, при этом, температура спекания составляла 1400⁰С при выдержке 1 час.

Режим окончательного спекания изделий выбирается в зависимости от назначения изготавливаемого изделия.

После завершения процесса спекания, с целью определения технологических показателей полученного твердо- спеченного материала, брали стандартные образцы-штабики, подвергшиеся спеканию, размером 5x5x34 мм, на которых проводились замеры по методикам, установленным Госстандартом РУз для твердых спеченных сплавов.

По образцу примера 1 получены следующие результаты: плотность-5,5, г/см³, твердость-84,0 МПа, прочность на изгиб-1150 МПа (пример 5, табл.1).

Пример 2. По технологии примера 1 для сравнения физико-механических показателей изобретения с аналогом, из металлокерамического материала аналога, состава, мас.%.: TiC- 45-48; Ni-1,5-2,5; W-1,0-1,5; Fe- 4,0-5,0; LaV₆ - 0,15-0,25, Мо-остальное, и при температуре спекания 1450⁰С был проведен эксперимент по технологии аналога с получением твердого сплава, из которого был также, в виде штабика, изготовлен образец для испытаний.

По образцу аналога получены следующие результаты замеров технологических показателей: плотность-6,5 г/см³, твердость-80 МПа, прочность на изгиб- 800 МПа.

Кроме приведенных в примерах изделий, по аналогичной технологии из металлокерамического материала порошка заявленного состава, были изготовлены и испытаны еще и другие образцы:

- формообразующий инструмент, Форма 8- ГОСТ9457-75,
- металлорежущие инструменты Формы 13- ГОСТ 17163-82,

- формы 07,67- ГОСТ25426-86,
- формы 110114-110 408- ГОСТ190 65-80,
- формы 02, 114-100608- ГОСТ19048-8.

Результаты замеров технологических показателей этих изделий были в пределах результатов образцов примера 1.

Результаты экспериментов приведены в табл.1.

Как видно из таблицы, наилучшие показатели по уровню твердости, плотности и прочности на изгиб, изготовленных нами образцов деталей, были получены при использовании компонентов металлокерамического материала в количестве, мас.‰: TiC-39-42, Ni-11-12, W-3-4, Fe-3-4, Mo- 39-42.

Таблица 1

Физико-механические свойства образцов из металлокерамического материала в зависимости от его состава, температура спекания 1400⁰С

| № пп | Компоненты сплава, мас, % | | | | | | Свойства | | |
|---|---------------------------|------|-----|-----|-----|------------------|---------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| | TiC | Mo | Ni | W | Fe | LaB ₆ | Плотность, г/см ³ | Твердость, HRC | Прочность, □ _{изг} , МПа |
| Аналог | | | | | | | | | |
| | 46 | 47,0 | 1,5 | 1,0 | 4,5 | 0,2 | 6,5 | 80 | 800 |
| Предлагаемый металлокерамический материал | | | | | | | | | |
| 1 | 39 | 44 | 11 | 3 | 3 | - | 5,6 | 82,0 | 1070 |
| 2 | 41 | 41 | 10 | 4 | 4 | - | 5,5 | 82,5 | 1080 |
| 3 | 40 | 42 | 11 | 3 | 4 | - | 5,5 | 83,5 | 1100 |
| 4 | 40 | 41 | 11 | 4 | 4 | - | 5,5 | 83,8 | 1130 |
| 5 | 42 | 41 | 11 | 3 | 3 | - | 5,5 | 84,0 | 1145 |
| 6 | 42 | 39 | 12 | 4 | 3 | - | 5,5 | 84,0 | 1150 |
| 7 | 45 | 38 | 11 | 3 | 3 | - | 5,6 | 82,0 | 1080 |
| 8 | 45 | 35 | 12 | 4 | 4 | - | 5,6 | 82,0 | 1070 |

Оптимальный состав композиции включает: TiC-42‰; Ni-12,0‰; W-4,0‰; Fe-3,0‰, Mo-39,0‰. При изменении количества компонентов металлокерамического материала в сторону уменьшения или увеличения от заданных количеств, улучшения физико-механических показателей не наблюдалось.

Результаты испытаний показали, что предел твердости опытных образцов составил 82-84, HRC; плотности - 5,5-5,6 (удельный вес), г/см³ и прочности на изгиб $\sigma_{из}$ -1100-1150 МПа.

Как следует из табл.1, показатели по плотности, твердости и прочности на изгиб превосходят показатели аналога в 1,2-1,3 раза, что подтверждает достижение поставленной технической задачи.

Все вышеперечисленные образцы из предложенного металлокерамического материала были изготовлены в рамках хозяйственных договоров с

АО «УзКТЖМ» и прошли опытно-промышленные испытания на плотность, твердость, прочность на изгиб, на опытно-промышленной базе в цехе № 50 ОАО «Ташкентский механический завод», в период 2015-2016 г.

В результате проведенных опытно-промышленных испытаний образцов формообразующих изделий из предложенного металлокерамического материала, установлено, что за счет повышения пластичности, характеризующейся повышением прочности на изгиб, и твердости, износостойкость инструментов увеличилась, по сравнению с аналогом в 1,5 раза, а за счет снижения плотности, снизился удельный вес изделий, который способствовал облегчению веса в 1,2 раза механизмов и улучшению условий труда по сравнению с аналогом,. Кроме того, за счет снижения температуры спекания на 100°C снизились энергетические затраты на проведение процесса спекания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ № 2318898, С22С 27/04.
2. Авторское свидетельство 1430132, В 21С25/02, 1988 г.
3. Авторское свидетельство 2351, С22С 27/04, оп.30.03.95БИ №1.
4. Патент № 2351, С.Д. Нурмуродов (21) ИН ДР 9400608, 1 (22) 12.07.94 (46) 30.03.95, Бюлл. № 1. (54) Металлокерамический материал.