

МОДИФИКАЦИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЁРДЫХ СПЛАВОВ РАДИАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

К.Н.Полещенко¹⁾, Г.Е.Ремнёв²⁾, Н.П.Калистратова³⁾, Г.А.Вершинин¹⁾, С.Н.Поворознюк¹⁾

¹⁾ Омский государственный университет, Омск –77, пр. Мира, 55а, (3812)644-518,
E-mail: verga@univer.omsk.su ;

²⁾ Томский политехнический университет, Томск-04, пр. Ленина, 30, (3822)416-930,
E-mail: remnev@ephc.npi.tpu.ru

³⁾ Омский технический университет, Омск-11, пр. Мира, 11, (3812)652-292

Исследовано влияние воздействия мощных ионных пучков и последующего термического отжига на триботехнические свойства твёрдого сплава. Изменения структурно-фазового состояния и физико-механических характеристик в результате комплексной обработки обеспечивают повышение износостойкости инструментального материала в условиях резания сплавов на основе никеля и титана.

1. Введение

Одним из перспективных направлений изменения физико-механических и трибологических свойств материалов является использование мощных ионных пучков (МИП). Проведёнными исследованиями установлено, что наибольшая эффективность применения ионных пучков высокой плотности мощности достигается в сочетании с другими технологическими методами, в частности, с термической обработкой [1,2]. Поэтому расширение технологических возможностей упрочняющей обработки с использованием мощных ионных пучков связано с исследованием структуры, фазового состава и свойств материалов после радиационно-термического воздействия.

2. Методика эксперимента

Режущие пластины твёрдого сплава ВК8 (92%WC, 8%Co) подвергались термическому отжигу при температуре 900°С в течение 2 часов и последующему облучению мощным ионным пучком (70% C⁺, 30% N⁺) с энергией 300 кэВ при плотностях тока 50-150 А/см² и длительности импульса 50 нс с кратностью воздействия $n = 1, 3, 5$. После воздействия МИП образцы вновь подвергались термической обработке в среде инертного газа при температуре 900°С в течение 1-2 часов.

Исследования триботехнических свойств исходных и модифицированных инструментальных материалов проводились в широком диапазоне режимов резания титанового сплава ОТ-4 и никелевого сплава ЭИ-698. Для исследования структурно-фазовых и морфологических изменений поверхностных слоёв твёрдых сплавов использовались методики рентгеноструктурного и электронно-микроскопического анализа.

3. Результаты эксперимента

Результаты исследования триботехнических свойств и особенностей износа инструментальных сплавов, модифицированных мощными ионными пучками, показывают, что неустойчивость процесса резания [3], проявляющаяся в определённых температурно-скоростных диапазонах,

приводит к их хрупкому разрушению уже на участке начального изнашивания. При этом вид износа характеризуется микросколами на режущей кромке и чешуйчатыми сколами по передней поверхности режущей пластины. Послерадационная термическая обработка исключает хрупкое разрушение инструментального материала и способствует снижению интенсивности изнашивания твёрдых сплавов на начальном этапе, и, соответственно, повышению их износостойкости. Тем самым обеспечиваются благоприятные условия приработки, способствующие стабилизации процесса изнашивания модифицированного материала.

Рентгенографические исследования структурно-фазовых изменений в приповерхностных слоях модифицированных твёрдых сплавов после термической обработки позволили установить, что фазовый состав материала не изменяется. Образование новых фаз, кроме W_xC_y , Co_xC_y , $Co_xW_yC_z$, появившихся после облучения МИП, не наблюдается [4,5]. Вместе с тем сравнение рентгенограмм показывает некоторые отличия в интенсивности их пиков. Во-первых, интенсивность зафиксированных дифракционных рефлексов от Co-фазы значительно превосходит аналогичные как для предварительно обработанных мощным ионным пучком твёрдых сплавов, так и необлученного образца, что свидетельствует об увеличении степени совершенства кристаллической структуры кобальта. Во-вторых, повышается интенсивность рефлексов от дополнительных фаз, отчётливо выявляющихся после воздействия МИП. Кроме того, наблюдается укрупнение блоков мозаики карбида вольфрама и уменьшение микроискажений его кристаллической решетки. При этом сохраняется установленный ранее [5] экстремальный характер зависимости размеров блоков $D(n)$ от кратности воздействия с максимумом при трех импульсах. Укрупнение мозаичной структуры наиболее явно выражено в твёрдых сплавах, облученных с плотностью ионного тока 150 А/см². Подобные тенденции изменения зафиксированы для плотности дислокаций и деформационных дефектов упаковки кристалличе-



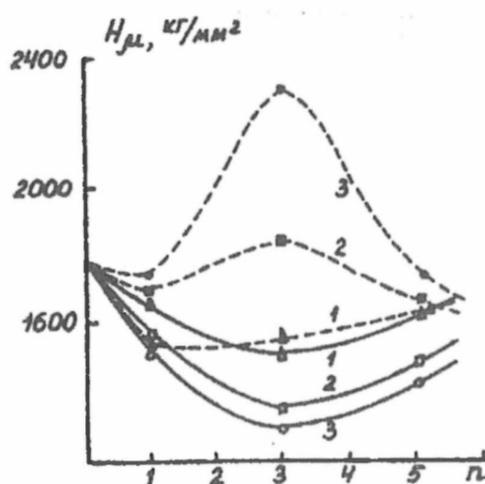


Рис.1. Зависимость микротвердости модифицированных материалов твердых сплавов от кратности воздействия для разных значений плотности ионного тока: 1 - 50 А/см², 2 - 100 А/см², 3 - 150 А/см². Сплошные линии соответствуют облучению МИП, пунктирные - комплексной обработке.

ской структуры. Послерadiационный отжиг способствует значительному повышению микротвердости приповерхностных слоев твердых сплавов при определенных режимах предварительного ионного облучения (особенно для $j = 100, 150$ А/см², $n = 3$) (рис.1), а также повышению износостойкости инструментального материала в условиях высоких контактных нагрузок и температур.

4. Обсуждение результатов

Полученные экспериментальные данные позволяют выявить зависимость параметров структуры твердого сплава от уровня предварительного ионно-лучевого воздействия. Релаксация параметров субструктуры модифицированных материалов наиболее явно прослеживается в тех случаях, когда облучение способствует образованию сверхвысокой концентрации дефектов, то есть наиболее интенсивно процессы отжига дефектов протекают в структуре карбидной фазы сплава, облученного МИП с $j = 150$ А/см². Влияние отжига на структурное состояние Со-прослойки твердых сплавов связано, по-видимому, с протеканием двух процессов. С одной стороны, происходит укрупнение мозаичной структуры и отжиг сформированных воздействием МИП дислокаций; с другой - наблюдается повышение степени дефектности, связанное с дальнейшим увеличением концентрации ростовых дефектов упаковки атомных плоскостей. Наблюдаемые изменения в фазовом составе твердых сплавов после радиационно-термической обработки обусловлены процессами, происходящими в кобальтовой прослойке сплава. Вероятнее всего эти изменения связаны с рекристаллизацией Со - фазы в условиях её насыщения вольфрамом и углеродом. Уровень температуры

(900°С) и время выдержки (2 час.) благоприятствуют протеканию диффузионной миграции и стоку атомов W и С к предварительно сформированным в результате облучения центрам кристаллизации и достаточны для коагуляции выделений.

Экспериментальные данные о структуре модифицированных комплексной обработкой твердых сплавов позволяют предположить, что в результате радиационно-термического воздействия в приповерхностной области образуется слой, характеризующийся высокой дисперсионной прочностью за счет выделений новых фаз и точечных дефектов. В сочетании с деформационным упрочнением зерен карбида вольфрама этот слой определяет физико-механические свойства инструментального материала. Наиболее существенными отличиями структурных изменений при послерадиационной термической обработке являются:

- многофазность твердых сплавов (вне зависимости от режимов предварительного ионного облучения);

- более низкая степень дефектности карбида вольфрама (по сравнению с образцами, подвергнутыми воздействию МИП), выраженная в укрупнении мозаичной структуры, уменьшении микрорискажений кристаллической решетки, отжиге дислокаций, дефектов упаковки;

- высокая степень совершенства кристаллической структуры Со-фазы: происходит укрупнение блоков мозаики и отжиг сформированных воздействием МИП дислокаций. Дефектность кобальта определяется, главным образом, повышенной концентрацией дефектов упаковки.

5. Выводы

1. Радиационно-термическая обработка стимулирует изменение субструктуры связующей фазы твердого сплава и её упрочнение за счет фазовых выделений.

2. Высокая степень дефектности карбида вольфрама, деформационное и дисперсионное упрочнение Со-фазы способствуют повышению микротвердости твердого сплава после радиационно-термического воздействия.

3. Указанные факторы способствуют улучшению условий приработки в процессе резания и повышению износостойкости твердого сплава.

4. Эффективность радиационно-термической обработки зависит от режимов предварительного облучения.

5. Радиационно-термическая обработка твердых сплавов при оптимальных режимах предварительного облучения ($j=150$ А/см², $n=3$) позволяет повысить стойкость инструмента при резании никелевых сплавов в 1,8-2, титановых - в 2,2-3 раза.

Список литературы

1. Полеценко К.Н., Калистратова Н.П., Герина Г.И. // Прогрессивные методы и технологии получения и обработки конструкционных материалов и покрытий: Тез. докл. - Волгоград, 1997. - С.140.
2. Полеценко К.Н., Вершинин Г.А., Поворозюк С.Н. и др. // Радиационная физика твердого тела: Труды VIII Межнац. совещания. - М.: НИИ ПМТ при МГИЭМ (ТУ), 1998. - С. 621.

3. Полеценко К.Н., Поворознюк С.Н., Вершинин Г.А., Орлов П.В. // Трение и износ. – 1998. - Т.19. - № 4. - С.475.
4. Гринберг П.Б., Полеценко К.Н., Поворознюк С.Н. и др. // Трение и износ. – 1998. - Т.19. - № 4. - С.480.

5. Калистратова Н.П., Полеценко К.Н., Геринг Г.И., Вершинин Г.А., Поворознюк С.Н. // Физика и химия обработки материалов. – 1999. - № 1. - С.10.

MODIFICATION OF A TOOL HARD ALLOYS BY HIGH POWER ION BEAMS IRRADIATION AND FOLLOWING THERMAL ANNELING

K.N.Poletshenko¹⁾, G.E.Remnev²⁾, N.P.Kalistratova³⁾, G.A.Vershinin¹⁾, S.N.Povoroznjuk¹⁾

¹⁾ Omsk state university, (3812) 644-518, E-mail: verga@univer.omsk.su;

²⁾ Tomsk polytechnical university, (3822) 416-930, E-mail: remnev@ephc.npi.tpu.ru ;

³⁾ Omsk technical university, (3812) 652-292

Perspective technological decision of the tool materials wear resistance increasing problem is offered. The method combines surface hardening by high power ion beams irradiation and following high temperature annealing. In this paper structure and phase changes in the near-surface layers of the hard alloys WC-Co under high power pulsed ion beams irradiation and its evolution in the course of high temperature annealing have been investigated. As a result of thermal effect in near-surface of the area the layer with high strength is formed. This layer defines tribological properties of a material. It excludes fragile destruction of a tool material and promotes increase of wear resistance. The kinetic of wear of modified tool alloys during cutting is established. New method of modification provides the improvement of wear resistance of toll at cutting steel, nickel and titanium alloys. Distinctive features of the thermal annealing: availability of many phases outside of dependence on regimes of the preliminary ion beam irradiation; the low density of defects of a WC-phase in comparison with the irradiated samples only (extended mosaic structure, low dislocation density and defects of packing, the reduced microdistortions of a crystal lattice); high degree of perfection of a crystal structure of a Co-phase.

