

Студент группы 10401119 Шматова А.А.

Научный руководитель – Пацеко Е.К.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Получение новых методов упрочняющей обработки металлообрабатывающих инструментов приобретает все большую актуальность. Согласно данным различных классификаций и обзоров в области упрочняющей обработки инструментов и изделий, существуют многочисленные методы повышения их работоспособности, что достигается либо путем нанесения защитных покрытий, либо путем изменения химического состава, дислокационной и фазовой структуры, напряженного и энергетического состояния поверхностного слоя, микрогеометрии (шероховатости) поверхности, либо путем изменения структурно-фазового состояния во всем объеме изделий. В настоящей работе проведена систематизация методов упрочняющей обработки стальных, твердосплавных и алмазных инструментов, условно разделенных на группы в зависимости от видов внешних воздействий на инструментальный материал. Рассмотрим эти методы.

Механические методы, предназначенные для формирования полезных напряжений сжатия в поверхностной зоне изделия, включают следующие методы: «холодной» поверхностной пластической деформации. Механические методы применяют для уменьшения адгезионного взаимодействия изделия в зоне трения путем улучшения качества поверхности виброполированием, алмазным выглаживанием и механическим нанесением на поверхность изделия пластичных цветных сплавов и твердых слоистых материалов методом финишной антифрикционной безабразивной обработки (ФАБО); нанесением на поверхность твердых смазок на основе сульфидов, графита и других антифрикционных соединений с микро- и нанокристаллической структурой. Основным недостатком механических методов является ограниченное применение такой обработки для металлообрабатывающих инструментов.

Физические методы включают: способы акустического, ультразвукового и магнитного воздействия с участием химически активной среды (ПАВ) и без нее, способ упрочнения энергией взрыва и импульсным током, электроэрозионное упрочнение и радиоактивное облучение. С их помощью можно увеличить плотность дефектов структуры и повысить уровень напряжений сжатия в поверхностной зоне, а в некоторых случаях и в объеме изделия. Для повышения антифрикционных и антикоррозионных свойств изделий используют «холодный» метод электромагнитного плакирования покрытия из нержавеющей и цветных сплавов за счет ударного электромагнитного соударения плакирующего слоя с подложкой. Физические методы пока носят опытно-исследовательский характер применения для инструментов.

Химические методы обработки отличаются разнообразием, к ним относят: химическое (в водных средах) оксидирование, фосфатирование, никелирование, кобальтирование и др., а также осаждение композиционных химических покрытий (КХП) на базе никеля с дисперсными износостойкими и антифрикционными частицами графита, дисульфида молибдена, оксида циркония, алмаза и тугоплавких соединений; химическую обработку в жидких органических составах из полимерсодержащих поверхностно-активных веществ. Химические методы отличаются простотой и высокой производительностью. Однако их эффективность в повышении работоспособности большинства инструментов невысокая.

Физико(электро)-химические методы объединяют такие способы поверхностной обработки, как электрохимическое тонирование и электролитическое осаждение из водных растворов или суспензий металлических покрытий (Cr, Ni, др.), а также композиционных электрохимических покрытий (КЭП) с микро- и ультрадисперсными частицами оксидов. Физико-химические методы эффективны для ограниченного числа инструментов, а при длительной

обработке этими методами проявляется «краевой» эффект ускоренного нарастания покрытий на углах.

Термо(электро)физические методы, предназначенные для поверхностной обработки изделий, включают следующие способы: электрофоретическое осаждение порошковых композиционных покрытий с металлической или полимерной матрицей, армированной дисперсными частицами карбидов хрома, вольфрама и др. с последующим припеканием покрытия к подложке при температурах 1160–1300 °С. Термофизические методы эффективно повышают эксплуатационную стойкость различных инструментов, однако эти методы малопроизводительны и требуют применения дорогостоящего, в том числе вакуумного оборудования.

Термохимические методы условно можно разделить на две группы способов поверхностного упрочнения инструментов, которые отличаются порядком проведения термического и химического воздействия. *Первая группа методов*, проводимых при совместном термическом и химическом воздействии на изделие включает: химико-термическую обработку (ХТО) для диффузионного оксидирования, фосфатирования, сульфидирования, азотирования, хромирования, и т.д. Нанесение покрытий путем пиролитического разложения летучих металлоорганических веществ (карбониллов, др.) или восстановления галогенидов металлов водородом; нанесение износостойких покрытий наплавкой низкотемпературного припоя, а также высокотемпературной наплавкой специального наплавочного материала на основе легирующих сплавов с высокотвердыми включениями карбидов при нагреве ТВЧ, упрочнение инструмента, когда в процессе резания рабочая кромка смачивается специальными жидкими составами на основе углерода, азота, серы и других элементов или смазочно-охлаждающей технологической средой (СОТС), в результате чего во время ужесточения режимов резания происходит диффузионное насыщение поверхности резца указанными элементами эмульсии.

Вторая группа методов, проводимых при раздельном химическом и термическом воздействии на изделие включает: осаждение большинства химических покрытий (Fe-P, Ni, Ni-P, Co-P, Ni-B, Co-B, др.), а также композиционных химических покрытий с добавкой сверхтвердых дисперсных частиц и последующую термообработку при 200–500 °С, предназначенную для достижения различных задач: снятия внутренних напряжений и усиления прочности сцепления покрытий, повышения их твердости и других свойств. Получение покрытий горячим окунанием изделия в расплавы эвтектических сплавов на базе Zr-Ni, Zr-Ni-Y, Co-Cr-Y с добавкой ZrO₂ и последующим отжигом при 1030–1100 °С.

В целом термохимические методы обработки технологически наиболее привлекательны. Они являются самыми распространенными среди методов поверхностного упрочнения благодаря простоте, большой производительности и использованию стандартного оборудования. Из высокотемпературных термохимических методов обработки следует выделить способ ХТО для получения сверхтвердых комплексных карбидных покрытий, чтобы повысить сопротивление абразивному, окислительному и диффузионному изнашиванию инструментов из сталей и твердых сплавов. А среди низкотемпературных термохимических методов обработки лучше всего показал себя способ ТГХО для создания твердосмазочных покрытий, которые увеличивают сопротивление адгезионному и адгезионно-усталостному изнашиванию стальных, твердосплавных и алмазных инструментов.

Термомеханические методы обработки оказывают упрочняющее воздействие на поверхностную зону или весь объем изделий. *Первая группа* поверхностных методов упрочнения включает: механическое (прокаткой, экструзией) и взрывное высокотемпературное плакирование хромоникелевых, алюминиевых и других сплавов; нанесение металлических и металлокерамических покрытий горячим изостатическим прессованием при высоких давлениях от 10 до 830 МПа и температурах до 1100–1800 °С, а также электромагнитной обработкой высоконагретых изделий; многослойное механическое нанесение на инструмент твердой смазки в виде раствора, содержащего ПАВ. *Вторая группа* объемных методов упрочнения включает: патентирование, высокотемпературную термомеханическую обработку (ВТМО) и низкотемпературную термомеханическую обработку (НТМО) заготовок из сталей и сплавов, получение

инструментов или их заготовок методом порошковой металлургии путем высокотемпературного изостатического прессования порошков инструментальных сталей, твердых сплавов и сверхтвердых материалов. Недостатком термомеханических методов обработки является применение дорогостоящего оборудования. Причем процессы поверхностного термомеханического упрочнения инструментов в основном малопроизводительны, а сами покрытия не всегда имеют качественную поверхность и требуют доводки. Процессы объемного термомеханического упрочнения получили распространение в порошковой металлургии для изготовления высокопрочных инструментов, поверхность которых пока еще имеет недостаточную твердость и износостойкость.

Термические методы, предназначенные для объемного упрочнения стальных инструментов, включают: упрочняющие способы термической обработки путем проведения струйной, ступенчатой, изотермической, прерывистой закалки или при непрерывном охлаждении в одной среде с последующим отпуском, а также закалки с самоотпуском. Все термические методы объемного упрочнения высокопроизводительны, просты и осуществляют на традиционном оборудовании. Причем наиболее эффективной является технология упрочняющей термоциклической обработки, формирующей мелкоизмельченную структуру во всем объеме упрочненной инструментальной стали, что обеспечивает инструментам целый комплекс высоких эксплуатационных (износостойких, прочностных, пластичных) свойств.

Таким образом, на основании проведенных исследований методов упрочняющей обработки, можно прийти к заключению, что среди большого числа известных технологий упрочняющей обработки наиболее простыми, производительными и эффективными являются термомеханические методы поверхностного упрочнения и термоциклические методы объемного упрочнения металлообрабатывающих инструментов. Из них технологически более привлекательны следующие методы:

1) высокотемпературная термомеханическая обработка для получения сверхтвердых карбидных покрытий, чтобы повысить сопротивление абразивному и диффузионному изнашиванию инструментов из сталей и твердых сплавов;

2) низкотемпературная термогидрохимическая обработка для получения твердосмазочных покрытий, чтобы повысить сопротивление адгезионному и адгезионно-усталостному изнашиванию стальных, твердосплавных и алмазных инструментов;

3) упрочняющая термоциклическая обработка, чтобы улучшить износостойкие, прочностные и пластичные свойства во всем объеме стальных инструментов.

Использование на практике указанных технологий упрочняющей обработки позволит решить важнейшую проблему повышения работоспособности металлообрабатывающих инструментов, износостойкости, и их более долгого срока службы.