

А.П. СЕРИКОВ, В.А. ГЕРАСИМОВИЧ, Д.В. ГРАКОВ, О.В. ОБИДИНА, М.А. БЕЛАЯ

There are too many methods to enhance the performance of cutting tools and treatment in glow-discharge plasma is among of these methods. Improving wear resistance of cutting tools made of high-speed, tool steel and hard alloy has been very important recently. Efficiency of metal processing has been reducing due to low index of tool wear resistance. Therefore the aim of this work is to study the influence of the glow-discharge on the structure and operating properties of the above-mentioned steel and alloy. Treatment of hard alloys in the glow discharge plasma ensures the formation of unique structural phase transitions in their surface layers, as well as the large scale structure modification. The irradiation of high-speed and tool steels in glow-discharge plasma leads to significant improvement in their operating properties and may be one of new widely-used advanced hardening technologies

Ключевые слова: металлы, сплавы, плазма тлеющего разряда

1. ВВЕДЕНИЕ

Качественные изменения в металлообработке, связанные с появлением труднообрабатываемых материалов, применение станков с числовым программным управлением, многоцелевых станков, гибких производственных систем повышают требования к работоспособности и надежности инструментальной оснастки.

Резервы улучшения эксплуатационных характеристик инструментальной оснастки за счет создания новых материалов в значительной степени уже исчерпаны или связаны со значительными материальными затратами. Поэтому особое значение в настоящее время приобретают вопросы, связанные с внедрением технологических процессов модифицирования рабочих поверхностей. Для улучшения эксплуатационных свойств существует ряд традиционных методов модификации материалов: химико-термические, лазерная обработка, ионная имплантация. Данные методы имеют ряд недостатков, поэтому актуальны поиски новых методов модификации материалов. Одним из перспективных методов модификации материалов является плазменная обработка, которая отличается универсальностью, достаточно высокой производительностью, а также эффективностью с точки зрения модификации различных материалов. В отличие от лазерной обработки и ионной имплантации плазменное воздействие позволяет обрабатывать большие площади и изделия сложной формы. Плазменная обработка отличается от химико-термических методов тем, что не требует использования каких-либо жидких растворов, т.е. является экологически чистой, а также не энергоемкой.

2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Обработка твердых сплавов тлеющим разрядом постоянного тока, возбуждаемом в среде остаточных атмосферных газов давлением 1,33...13,33 Па, напряжением горения 0,5...5 кВ при плотности тока 0,05...0,5 А/м², частоте импульсов 35 КГц ± 30 % и отношении площади анода к площади катода 0,010...0,015, обеспечивает формирование уникальных структурно-фазовых состояний в их поверхностных слоях, а также широкий масштаб модификации структуры – от кристаллической до зеренной [1-4]. Указанные изменения в свою очередь приводят к изменению механических и эксплуатационных свойств поверхностного слоя. Обработка образцов производилась в среде остаточных газов в течение 15...45 минут.

Измерение твердости осуществлялось по методу Виккерса путем вдавливания алмазного наконечника в форме правильной четырехгранной пирамиды с углом при вершине между противоположными гранями 136 ° в образец под действием нагрузки, приложенной в течение 10 с. Измерение микротвердости проводилось на микротвердомере «Micromet-II» с нагрузкой 100 г и выдержкой 10 с в соответствии с методикой, описанной в ГОСТ 9450-76.

Исследование влияния обработки твердосплавных инструментов в тлеющем разряде на их работоспособность производилось на фрезерном станке при фрезеровании брусков из различных материалов. В качестве инструмента использовалась однозубая торцовая фреза, оснащенная многогранной неперетачиваемой пластиной из твердого сплава. Использование однозубой торцовой фрезы позволило исключить влияние биения зубьев на закономерности размерного износа.

Измерение износа по задней поверхности инструмента осуществлялось при прохождении зубом фрезы равных участков до достижения предельного износа, равного 0,7 мм для сплава ВК8 и 0,5 мм для сплава ТН-20.

Структура образцов изучалась до и после воздействия плазменного облучения при помощи сканирующего электронного микроскопа Tescan VEGA 2SBA.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

После облучения быстрорежущих сталей Р6М5 и Р18 значительных изменений плотности дислокаций по глубине не наблюдалось. Однако после плазменного воздействия наблюдались перестройки дислокационной структуры, соответствующие высоко деформированному состоянию. Также наблюдалось изменение фазовой структуры образцов после облучения и значительное увеличение микротвердости [5].

При обработке твердого сплава ВК8 в тлеющем разряде происходит ряд структурно-фазовых изменений, заключающихся в формировании блочно-фрагментированной структуры карбидной фазы WC, в увеличении размера фрагментов кобальтовой связки, в изменении соотношения фаз α-Co и β-Co, а также в граничной и объемной диффузии Co в WC.

При обработке деталей модифицированными инструментами, оснащенными твердым сплавом ВК8, существенно снижается шероховатость поверхности, уменьшается глубина и степень наклепа, а также снижается величина остаточных напряжений.

Указанные выше изменения, протекающие в поверхностных слоях твердосплавного инструмента, приводят к повышению поверхностной твердости от 10 до 15 % и износостойкости в 2 - 3 раза.

Обработка твердого сплава ТН-20 в тлеющем разряде вызывает повышение поверхностной твердости до 20 %, что обусловлено комплексом структурных изменений в приповерхностных слоях на глубине до 120...160 мкм, заключающихся в перераспределении никеля в поверхностных слоях, растворимости его в карбиде титана при одновременном измельчении фрагментов и росте плотности дислокаций; перераспределении TiC по глубине; переходе молибдена из твердой фазы в связующую.

Упрочнение пластин из твердого сплава Т15К6 в плазме тлеющего разряда уменьшает их износ в 1,5 – 2 раза по сравнению с необлученными пластинами.

В рамках данных исследований было установлено влияние факторов модифицирующей обработки комплексным воздействием постоянного магнитного поля в тлеющем разряде на твердость стали 5ХЗВЗМФС; реализована математическая модель, описывающая область оптимума, согласно которой максимальные значения увеличения поверхностной твердости на 10 – 13 %, наблюдаются при обработке ее в тлеющем разряде с напряжением горения U, равным 2 кВ, силой тока I, равной 25 мА, что соответствует удельной мощности горения разряда $W = 0,25$ кВт/м² при времени обработки T = 13 мин.

Установлено влияние факторов модифицирующей обработки комплексным воздействием постоянного магнитного поля в тлеющем разряде на износостойкость стали 5ХЗВЗМФС; реализована математическая модель, описывающая область оптимума, согласно которой максимальный коэффициент повышения износостойкости равный 1,25 – 1,3, наблюдаются при обработке ее в тлеющем разря-

де с напряжением горения U , равным 2,7 кВ, силой тока I , равной 75 мА, что соответствует удельной мощности горения разряда $W = 0,88$ кВт/м² при времени обработки $T = 25$ мин.

С учетом того, что добавленная стоимость модифицированного инструмента составляет от 30 до 40% можно судить о перспективности использования модифицированных твердых сплавов в условиях серийного производства.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения исследований было выявлено, что после вакуумно-плазменной обработки металлических материалов наблюдаются структурно-фазовые изменения, которые приводят к повышению твердости и износостойкости. Результаты данных исследований являются научной основой для разработки технологий повышения производственного ресурса металлических изделий с помощью вакуумно-плазменной обработки.

Изделия из модифицированных сталей в перспективе могут использоваться в качестве замены изделий из обычных сталей, в условиях, где требуются высокие эксплуатационные свойства, преимущественно поверхностного слоя.

Литература

1. *Шеменков В.М., Короткевич А.Ф.*, Патент Республики Беларусь № 14716 ВУ, U C 21 D 1/78, 2011.
2. *Шеменков В.М., Ловишенко Г.Ф.* Структурные изменения в поверхностных слоях однокарбидных твердых сплавов при их обработке в тлеющем разряде // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. 2010. № 1/(26). С. 121–130.
3. *Tereshko, I.V.* Formation of nanoclusters in metals by the low-energy ion irradiation / I.V. Tereshko, V.V. Abidzina, I.E. Elkin et al. // Surface and Coatings Technology. V. 201, 2007. - P. 8552-8556.
4. *Shamiankou, U., Abidzina, V., Belaya, M.* Structure changes and improvement of operating properties of high-speed and tool steels irradiated in glow-discharge plasma // Materials, Environment, Technology: Conference Proceedings. – Riga. –2013. – P.49-54.
5. *Обидина, О. В.* Модификация структуры и свойств металлических материалов под действием плазмы тлеющего разряда: автореф. ... канд. физ.-мат. наук. – Барнаул: 2013. – 23 с.