

УДК 620.181

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРОЧНЕНИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ**Романюк С. П., аспирант***(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко)*

Проведен анализ основных публикаций о методах упрочнения и повышения износостойкости режущего инструмента. Определено направление дальнейших экспериментальных исследований.

Надежность работы перерабатывающего оборудования связана с качеством поверхностного слоя режущего инструмента, которое характеризуется геометрическими и физико-механическими параметрами. От качества поверхностного слоя зависят эксплуатационные свойства, износостойкость, коррозионная стойкость и др.

Усовершенствование режущих инструментов является актуальной и важной задачей, поскольку от их показателей зависят условия процесса резания, эксплуатации оборудования и качества процесса. Решению данной задачи посвящено большое количество научных работ. Каждый из применяемых методов имеет свои преимущества и недостатки. Однако создание и дальнейшее усовершенствование режущих инструментов невозможно без анализа известных методов упрочнения.

Поэтому целью работы является анализ известных методов упрочнения для режущего инструмента и выбор основных путей их усовершенствования.

Задачи исследования: Выбрать методы поверхностного упрочнения ножей для кондитерской промышленности, которые бы обеспечили экологическую возможность их использования.

На данный момент актуальными являются разработка технологии по получению принципиально новых поверхностных свойств материалов, обладающих, по сравнению с традиционными, высокими физико-механическими свойствами, устойчивостью к износу и изменению геометрической формы.

Наиболее важной частью режущих инструментов, определяющей продолжительность работы, является режущая поверхность. Именно режущее лезвие подвергается наиболее интенсивному воздействию при контакте с обрабатываемым материалом и, в результате, максимально изнашивается, а также деформируется.

Процесс резания и измельчения широко распространён во многих производствах по переработке продуктов животного и растительного происхождения, является неотъемлемой частью многих технологических процессов в аграрном, мясоперерабатывающем и кондитерском производстве.

Повышение надежности режущего инструмента можно обеспечить введением специальных видов обработки, повышающих износостойкость,

усталостную прочность, коррозионную стойкость деталей. Для этого применяют технологические процессы, упрочняющие материал поверхностного слоя и придающие ему особые свойства. К ним могут быть отнесены как процессы химико-термической обработки, так и упрочняющие технологии, с применением высококонцентрированных источников энергии, а также различные специальные методы, в том числе и нанесение износостойких покрытий.

Химико-термическая обработка стали позволяет получать покрытия толщиной 10-40 мкм и обеспечивает увеличение стойкости инструмента из быстрорежущих и углеродистых сталей в 2-2,5 раза. Износостойкость азотированной стали в 1,5-4 раза выше износостойкости закаленных высокоуглеродистых, цементованных, а также цианированных и нитроцементованных сталей. Азотирование режущих кромок ножей куттера приводит к повышению их износостойкости в 1,7 раза [1]. После хромирования износостойкость ножей куттера повышается в 2-3 раза, а ножей волчка – до 1,5 раз. При цианировании стойкость инструмента возрастает в 2 – 4 раза. Недостаток цианирования заключается в ухудшении условий труда из-за вредности цианирующих составов.

Однофазное борирование решеток волчка позволяет повысить их наработку на отказ в 4-5 раз. Однако борирование приводит к значительному увеличению хрупкости поверхности металла, что приводит к повышенному выкрашиванию режущих кромок.

Сульфидирование и фосфатирование повышают износостойкость стали всего на 10 – 20% [2].

Основным недостатком диффузионной металлизации является малая глубина металлизированного слоя при относительно большой длительности процесса.

Поверхностное пластическое упрочнение деформированием пригодно для тонкостенных инструментов. Наиболее эффективно алмазное выглаживание для упрочнения инструмента твердостью до 65 HRC. Износостойкость поверхности, полученной этим методом, в 2 – 3 раза выше, чем при шлифовании, и на 20 – 30% выше, чем при полировании [1]. Алмазное выглаживание в 1,5 раза повышает контактную выносливость и износостойкость дисковых ножей [3].

Повышение долговечности ножей куттера в 1,2-1,4 раза достигается после поверхностно-пластической деформации.

На измельчающих устройствах в зерноуборочных комбайнах используют ножи, режущее лезвие которых быстро изнашивается и затупляется. Это требует переточек или замены. Ножи изготовлены из стали 65Г и У8 с последующей закалкой и отпуском, выходят из строя через 2..3 часа работы [4]. Для повышения долговечности режущих элементов сельскохозяйственных машин (ножи свеклоуборочных машин, лемехи плугов, диски сошников и др.) подвергают упрочнению индукционным способом. К недостатку этого способа следует отнести то, что с уменьшением толщины наплавки до 0,2мм снижается качество упрочнения в виду коробления детали из-за сильного теплового

воздействия [5,6]. Также недостатком является нестабильность толщины наплавленного слоя, вследствие чего нарушаются условия самозатачивания лезвия, что особенно важно при малых толщинах наплавки [7].

Большая эффективность поверхностной обработки ножей, по сравнению с индукционной наплавкой твердыми сплавами, было достигнуто борированием с нагревом токами высокой частоты [7]. Одним из достоинств данного способа упрочнения является невозможность варьирования толщины и свойств диффузионного слоя изменением состава насыщающей среды, толщины слоя насыпки смеси и продолжительности обработки.

Применение электроконтактной приварки износостойкого покрытия для упрочнения ножей волчков позволяет повысить их ресурс в 4,4 раза в сравнении с серийными, изготовленными из стали У8А [8].

Технологические процессы, в которых материал подвергают воздействию концентрированных потоков энергии в виде электронного луча, лазера, плазмы (сварка, наплавка, упрочнение, напыление), в настоящее время достаточно распространены в промышленности [9 - 13], из которых самой доступной и экономичной является плазменная обработка.

Основной отличительной особенностью методов поверхностного упрочнения высококонцентрированными источниками энергии является возможность получения скоростей нагрева и охлаждения материалов, на несколько порядков превышающих значения, характерные для традиционных методов упрочнения, что способствует получению упрочненных слоев с обеспечением требуемого уровня эксплуатационных свойств.

Перспективность лазерной термообработки исследована на различных материалах: сталях 45, 40Х (0,45 % С, 1 % Cr), У10 (1 % С), Р18 (1 % С, 18 % W), твердом сплаве (88 % WC, 12 % Co), керамических материалах, во всех случаях достигалось многократное увеличение износостойкости и надежности изделий при одновременном снижении трудоемкости изготовления. Например, после лазерной закалки износостойкость стали 45 увеличивается в 5 - 6 раз.

По эффективности упрочняющей обработки металлической поверхности инструмента и деталей машин, плазменные технологии не уступают лазерным. Они имеют более высокие коэффициенты использования электрической энергии – до 80 %, осуществляются на более дешевом (в десятки раз) оборудовании, а также меньше потребляют материально-энергетических ресурсов при эксплуатации [14]. Достаточно высокие технологические возможности плазменной обработки позволяют выполнять упрочнение как без оплавления, так и с микро- или макрооплавлением.

Твердость деталей сельскохозяйственной техники, изготовленных из стали 45, после термообработки плазмой, увеличивается в 2-3 раза без изменения размеров и шероховатости поверхности, а микротвердость возрастает в 4,7 раз [15].

В настоящее время установлено преимущество плазменного упрочнения ножей для обработки сахарной свеклы. Так, согласно [16], в процессе

експлуатації має місце некоторое (на ~30%) додаткове упрочнення ножей, виготовлених із сталі У9. Упрочнююча обробка підвищує мікротвердість робочої поверхні приблизно в два рази.

Іспитання ножей для цукрової свекли після плазменно-детонаційної обробки, проведені на заводах по переробки цукрової свекли, показали, що їх робітоспроможність підвищилася в 3 рази, при цьому різко підвищилось і якість дроблення цукрової свекли [14].

На практиці, згідно [17], застосування методу імпульсно-плазменного упрочнення дозволяє підвищити довговічність ножей волчка до 4 раз, ножей куттера – до 2,5 рази.

Плазменний нагрів, проведений з допомогою дугового покоління плазмотрона, збільшує в 3 - 4 рази термін неперервної роботи ножей із сталі 9ХФ [18].

Застосування комплексного упрочнення дозволяє підвищити експлуатаційні властивості робочих органів ґрунтообробних машин, виготовлених із сталі 65Г. Доведено ефективність використання імпульсної обробки в поєднанні з термічною і хіміко-термічною [19].

Одним із ефективних методів упрочнення режущого інструмента є нанесення покриттів на поверхню ножа. Найбільше застосування отримали методи хімічного осаження (Chemical Vapor Deposition - CVD) і методи фізичного осаження покриттів із парової фази (Physical Vapor Deposition — PVD). Метод CVD практично не має обмежень по хімічному складу покриттів, але дуже чутливий до незначительних відхилень технологічних параметрів. Процеси CVD здійснюються при температурах вище (до 1100 °С) порівняно з процесами PVD, що обмежує кількість матеріалів, на які можна нанести CVD покриття, т.к. пройшовши термічну обробку матеріали втрачають в результаті відпуску свої властивості. При методі CVD в шарі наносимого покриття переважають розтягуючі напруження, а при PVD - стискаючі. В даний час найбільше застосування отримує метод фізичного осаження покриттів на режущий інструмент завдяки високій надійності, можливості їх отримання практично будь-якого складу. Метод PVD має широкі можливості для отримання покриттів з заданими властивостями по товщині, структурі і складу. В промисловості зараз застосовують три основні методи PVD: іонне осаження, випарювання електричної дугою, магнетронне розпилення. Недоліком дугових методів генерації потоку матеріалу покриття є наявність великої кількості крапель, які значно знижують якість упрочнюючих покриттів на поверхні інструмента в порівнянні з магнетронними методами осаження, які дозволяють суттєво зменшити кількість крапельної фази в покритті.

Формуване дуже тверде покриття має мелкозернисту структуру і гладку поверхню товщиною всього декілька мікрометрів. Покриття PVD може бути нанесено на гостру кромку і внаслідок рівномірного характеру осаження не викликає її притуплення. Воно має хорошу адгезію, не впливає

на прочность основного материала и создает благоприятные сжимающие напряжения в поверхностном слое, снижая тем самым вероятность возникновения трещин.

В настоящее время разработана широкая по составу гамма покрытий, применяемых в различных отраслях промышленности. Универсальные свойства покрытий позволяют использовать их для увеличения износостойкости, снижения коэффициентов трения и защиты от коррозии. Наиболее часто на практике осуществляется синтез нитридных и карбидных соединений – это металлоподобные образования, обладающие высокой твердостью, плавящиеся без разложения на составляющие при высокой температуре и, существенно повышающие работоспособность режущего инструмента. Поскольку создать покрытие, которое обеспечивает максимальную эффективность для всех обрабатываемых материалов практически невозможно, то для каждого конкретного случая используется такое, которое в наибольшей мере удовлетворяет поставленной задаче.

Титановые покрытия значительно повышают поверхностную твердость основы даже при очень высоких температурах, в результате износостойкость инструмента многократно увеличивается. Нитрид титана (TiN) остается твердым при температуре 5400, его используют для модификации хирургических инструментов и оборудования пищевой промышленности[20].

Процесс нанесения покрытия на поверхность режущего инструмента определяется как свойствами материала покрытия и инструмента, так спецификой протекания процессов формирования покрытия. Характеристики покрытий зависят от метода их нанесения на рабочую поверхность. Так, например, максимальная микротвердость карбидного покрытия TiC колеблется от 24000МПа (получено методом распыления материалов ионной бомбардировкой (РИБ)), 45000МПа (получено CVD) до 55000 МПа (получено методом генерации потока осаждаемого вещества термическим испарением (МТИ)) [21]. Максимальная микротвердость нитридного покрытия TiN колеблется от 24000МПа (CVD), 28000 МПа (МТИ) до 40000 МПа (РИБ).

Нанопорошки нитрида вольфрама активно используются в производстве режущего инструмента, а применение нанопленок карбида вольфрама позволяет повысить износостойкость покрытий деталей машин в среднем на 15...20 % [22].

Представляет интерес исследовать возможность использования плазменной обработки и покрытий на основе титана и вольфрама для ножей в кондитерской промышленности.

Выводы:

Проведенный анализ методов упрочнения поверхности режущего инструмента показал, что универсального метода упрочнения и покрытий не существует, а эффективность каждого метода и покрытия зависит от большого количества факторов, что требует проведения дальнейших экспериментальных исследований, как по отработке технологии упрочнения, так и определения

оптимальных условий эксплуатации инструмента с покрытием.

Минимальная интенсивность изнашивания инструмента обеспечивается поверхностным упрочнением режущего инструмента.

Применение прогрессивных способов упрочнения режущего инструмента даст возможность получить изделия с высокими физико-механическими свойствами, продлить срок службы и снизить себестоимость продукции.

Также, для повышения износостойкости режущего инструмента могут использоваться покрытия из нитрида титана благодаря своей твердости и безвредности для пищевых продуктов.

Список литературы:

1. Евдокимов В.Д., Клименко Л.П., Евдокимова А.Н. Технология упрочнения машиностроительных материалов: Учебное пособие-справочник. – Николаев: Изд-во НГГУ им. Петра Могилы, 2005. – 352с.
2. Чижикова Т.В., Мартынов Г.А. Перспективы повышения эксплуатационной надежности режущих инструментов в мясной промышленности. – М.: АгроНИИТЭИММП, 1987. – 43с.
3. Способ упрочнения рабочих поверхностей дискового ножа. пат. 2183681 Российская Федерация, МПК С21D9/24 / Ф.Ю. Серов, В.Е. Баранов, В.А. Попов ; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «ТФК ТВЕРСКОЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО» – № 2000127555/02 ; заяв. 03.11.2000 ; опубл. 20.06.2002.
4. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин. – М.: Машиностроение, 2001. – 342с.
5. Войтюк В.Д. Управління якістю технічного сервісу і сільськогосподарської техніки при постачанні / В.Д. Войтюк, В.І. Рубльов. – К.: Видавництво НАУ, 2005. – 192с.
6. Металин А.А. Технологические методы повышения долговечности деталей / А.А. Металин. – К.: Техника, 1981. – 144с.
7. Шаповалов В.И., Нежинский Я.И. Исследования упрочнения самозатачивающихся ножей измельчителя стебельчатых продуктов // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.- Луганськ: - 2012. - №12. ч.1
8. Полуян В. А. Повышение долговечности ножей мясоизмельчительных машин. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2006
9. Плазменное упрочнение лезвийного почвообрабатывающего инструмента / С.С. Самогугин, Д.С. Литвиненко, В.А. Мазур, В.А. Гагарин // Металл и литье Украины. — 2009. — № 11–12. — С. 26–29.
10. Кайдалов А. А. Электронно-лучевая закалка поверхности металлов//Сварщик. - 1999. - № 11. – С. 21-23.
11. Лещинский Л. К., Самогугин С. С. Плазменное поверхностное упрочнение, – К.: Техника, 1990. – 109с.
12. Григорянец А. Г. Основы лазерной обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.

13. Григорянец А. Г., Сафонов А.Н. Методы поверхностной лазерной обработки. – М.: Высшая школа, 1987. – 191 с.
14. Тюрин Ю.Н., Жадкевич М.Л. Плазменные упрочняющие технологии. К.: Наукова думка, 2008. - 216с
15. Савуляк В.І., Шаповалова О.В. Плазмове гартування робочих поверхонь деталей транспортної техніки // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2010.- №1.- С.73-76.
16. http://www.rusnauka.com/12_KPSN_2010/Tecnic/63544.doc.htm
17. Некоз А.И., Колесниченко Т.А., Батраченко А.В. Импульсно-плазменное упрочнение ножей мясорезущих машин // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. - № 1.
18. Бареян А.Г. Применение специальных наплавов, покрытий и технологий упрочнения для повышения износостойкости ножей куттеров // Сборник научных трудов. Серия "Естественнонаучная" №1 СевКавГТУ, Ставрополь, 2004.
19. Андрушевич А.А., Кодоліч А.А. Влияние импульсной обработки на свойства углеродистой конструкционной стали 65Г // Вісник аграрної науки Причорномор'я.- 2007.- № 2.- С.230-233.
20. <http://www.masters.donntu.edu.ua/2011/fimm/okulik/library/article9/index.htm>
21. Шкурат С.И., Полянский П.Н., Садовый А.С., Акименко Д.Л. Получение пленок распылением материала ионной бомбардировкой // Вісник аграрної науки Причорномор'я. № 2.-2007.- С.184-192.
22. Агеев Е.В. Получение нанопорошка на основе карбида вольфрама и применение для восстановления и упрочнения деталей машин / Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин, Р.А. Латыпов // Известия Самарского научного центра РАН. – Самара: Изд-во Самарского науч. центрра РАН, 2010. – Т. 12 (32). – № 1(2).– С. 273 - 275.

Анотація

Аналіз методів зміцнення різального інструменту

Романюк С. П.

Проведено аналіз основних публікацій про методи зміцнення і підвищення зносостійкості різального інструменту. Визначено напрямок подальших експериментальних досліджень.

Abstract

Analysis of strengthening cutting tools methods

Romaniuk S.

The analysis of key publications on methods of strengthening and increasing of the wear resistance of cutting tools is carried out. The direction of further experimental investigations is determined.