

УДК 621.791.75.042

Бережная Е. В.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗЕМЛЕРОЙНОЙ ТЕХНИКИ

В современном хозяйственном комплексе Украины [1] в таких сферах как строительство, разработка полезных ископаемых открытым способом, мелиорация значительное место занимают земляные работы. Основными машинами, обеспечивающими комплекс землеройных работ, являются почвообрабатывающие машины, детали и узлы которых подвержены в процессе работы сильному абразивному изнашиванию [2]. Поэтому совершенствование конструкций исполнительных механизмов, повышения износостойкости рабочих органов машин, а также изыскание способов экономного и быстрого выполнения работ [3] с целью повышения их технического уровня, снижения энергоемкости технологических процессов, является актуальной научно-технической задачей.

Процесс разрушения поверхностей деталей машин – сложное явление, зависящее от большого числа одновременно действующих взаимосвязанных факторов: химических, структурных составляющих, механических и физических свойств собственно металла, а также внешних условий процесса износа. К последним следует отнести рабочее давление, температуру, скорость взаимного перемещения в зоне контакта детали и контур тела, степень агрессивности среды. Кроме того, степень износа материала определяют такие факторы как: твердость металла, плотность абразива, размер абразивных частиц, влажность, физико-механические свойства металла. Износостойкость деталей определяет объем расходов на поддержание машин в работоспособном состоянии и общий срок их службы. Как общая характеристика сопротивления изнашиванию она также является одним из основных факторов, определяющих в конечном итоге экономическую эффективность использования машины данной конструкции. Вследствие износа элементов машин ухудшаются их функциональные качества и энергетические показатели работы. Износ деталей определяет необходимость применения ремонтных работ и выпуск для этого запасных частей, стоимость которых зависит от износостойкости трущихся элементов машин, что, как правило, является решающим фактором при регламентировании общего срока службы в связи с исчерпанием экономически оправданных возможностей дальнейшего поддержания их работоспособности.

Очевидно, что стоимость машины входит составным элементом в стоимость произведенной ею продукции, но общее количество этой продукции при прочих равных условиях зависит от длительности работы машины. В связи с этим необходимо прежде всего установить рациональный срок службы данной машины, а затем в процессе конструирования узлов и деталей обеспечить максимальную экономическую эффективность их работы в течение установленного периода, что также делает необходимым выбор эффективных, с точки зрения минимизации экономических затрат и времени простоя оборудования, способов ремонта и восстановления изношенных деталей. Обеспечение высокой износостойкости деталей является одним из обязательных условий надежной работы машин и получения максимального экономического эффекта от их применения, поскольку именно вследствие износа теряется работоспособность большинства (80–90 %) подвижных элементов и рабочих органов машин.

Повышение износостойкости достигается различными способами, направленными либо на снижение скорости изнашивания, либо на снижение вредных последствий процесса износа деталей. К первой группе относится метод самозатачивания режущих лезвий, обеспечивающий избирательный износ рабочей кромки инструмента, при котором сохраняется его оптимальная форма и режущие свойства.

В некоторых случаях существует необходимость обеспечения регламентируемого характера износа, который позволит сформировать требуемый рельеф на рабочей поверхности или кромке, сохранив при этом заданный профиль при износе инструмента до конца срока его эксплуатации. Это достигается применением приварки опорных элементов в виде полос, проволок. Повысить износостойкость, обеспечить условия для самозатачивания и сохранения требуемого профиля также представляется возможным при изготовлении лезвий рабочих органов почвообрабатывающих машин с наплавленным рабочим слоем переменной твердости. Разновидностью такого наплаваемого материала является многослойный композит с разным функциональным назначением слоев. Получение многослойного стального композита с заданными свойствами – довольно сложная технологическая задача. Известные методы, такие как наплавка, химико-термическая обработка, не позволяют получить многослойный стальной композит с рабочим слоем 0,1–0,3 мм при общей толщине 1–5 мм.

Одним из наиболее эффективных способов повышения износостойкости является электроконтактная наплавка, характеризующаяся кратковременным высокоскоростным нагревом (800–1000 °C) наплаваемого материала и основного металла до температур 1400–1600 °C и силовым воздействием роликов-электродов.

Цель работы – исследование влияния состава наплавочного материала на механические свойства восстанавливаемой поверхности при электроконтактной наплавке.

Для электроконтактной наплавки применяют металлические ленты и порошки. Из металлических лент используют, как правило, отожженные стальные [4]. Теплота в этом случае выделяется в основном на переходном сопротивлении «лента – деталь». Ленты почти всех марок стали (30ХГСА, 65Г, сталь 20 и др.) при электроконтактной наплавке значительно упрочняются. Однако упрочнение происходит неравномерно. Наиболее интенсивно упрочнение происходит в зонах наплавленного слоя, не подвергающихся термическому воздействию последующих импульсов тока [5]. Площадь этих зон составляет 50–90 % от общей площади наплавленной поверхности. Остальная часть наплавленного слоя разупрочняется при наплавке смежных участков в результате повторного термического воздействия. Степень разупрочнения повышается при увеличении содержания углерода в стали и снижении содержания легирующих элементов. С повышением содержания углерода возрастает вероятность образования в наплавленном слое сетки трещин. Вышесказанное предопределяет область применения стальной ленты – для восстановления и упрочнения деталей, имеющих большой запас усталостной прочности.

Использование свободных порошков позволяет готовить широкую гамму композиций различных технологических и эксплуатационных свойств, имея в наличии небольшую номенклатуру ингредиентов, например, сормайт ПГ-С27 [6], сплав ПГ-С1 + Al₂O₃, ПГ-С1 + Cr₇C₃, ПЖ1 + Al₂O₃. Наплавку производят сухими порошками со свободной их подачей под сварочные ролики. При этом экспериментально установлено, что свободные частицы порошковых материалов интенсивно выдавливаются из пространства между сварочным роликом и деталью. Согласно [5] при использовании ферромагнитных порошков происходит их выброс из зоны уплотнения и спекания. Указанное способствует формированию покрытия с наплывами и большим количеством пор, а коэффициент использования порошка не превышает 0,8.

Связывание порошкового материала полимером (порошково-полимерные ленты) позволяет снизить подвижность частиц под давлением и повысить толщину слоя частиц, располагающихся между сварочным роликом и деталью [7, 8]. При малом давлении ролика сварочной машины деформация порошково-полимерной ленты затруднена. Это обусловлено наличием несущей способности полимерных мостиков, соединяющих частицы порошков. При увеличении давления до 12–15 МПа несущая способность снижается, поскольку начинается процесс деформации и разрушения наиболее нагруженной части этих мостиков, который заканчивается при 33–50 МПа с ликвидацией воздушных пор. Использование порошково-полимерной ленты вме-

сто несвязанных порошковых материалов позволяет увеличить толщину слоя, заключенного между сварочным роликом и деталью в условиях приложения рабочего давления (50–75 МПа) для округлых частиц в 2–3 раза. Однако в очаге деформации порошково-полимерная лента нагревается и вокруг наплавляемого участка, полимер в этой зоне подвергается термической деформации. В результате частицы порошковых материалов оказываются свободными от полимерных связей [7]. Согласно [4] эти потери составляют 10–15 % от массы порошково-полимерной ленты. Кроме того, масса наплавленного слоя меньше массы наплавленной порошково-полимерной ленты на величину, равную массе полимера. К недостаткам данного электродного материала следует отнести и интенсивное газовыделение (из-за термодеструкции полимера), которое необходимо удалять при помощи приточно-вытяжной вентиляции. Другая часть полимера выдавливается из зоны наплавки в виде кашеобразной массы. Указанное приводит и к повышению пористости наплавленного слоя [7].

Пористость при электроконтактной наплавке порошковых материалов и полимерно-порошковых лент может достигать 28 %. Полимерно-порошковые ленты при подготовке к подаче под наплавку требуют осторожного обращения, т. к. при изгибе до радиуса кривизны < 10 мм и растяжении со средним напряжением $> 1\text{--}3$ МПа они растрескиваются и разрушаются. Серьезной проблемой при использовании порошковых материалов и полимерно-порошковых лент является низкая надежность работы узлов сварочных роликов, подвижные части которых заклинивают на осях от попадания в зазор между ними частиц порошковых материалов. Поэтому узлы сварочных роликов должны быть защищены от попадания частиц порошков в их опоры скольжения. При использовании сухих порошковых материалов дополнительно необходима герметичная система внутреннего охлаждения.

Другим путем связывания частиц порошковых материалов в компактное тело является изготовление порошковых спеченных лент [9]. При их спекании в печах в течение нескольких часов между контактирующими участками соседних частиц протекают диффузионные процессы, поэтому границы между частицами размыты. Такой характер границ остается и в наплавленном слое. Пористость порошковых спеченных лент составляет 0,5–20 % [10]. Пластичность этого материала зависит от состава: она снижается с повышением содержания упрочняющих порошковых материалов. При намотке на деталь или установке в полость детали малопластичные порошковые спеченные ленты растрескиваются. Поэтому их необходимо многократно вальцевать, постепенно приближая радиус гибки к радиусу кривизны поверхности детали, размещать их на поверхности детали как втулки, после чего прихватывать и производить наплавку. Поскольку порошковые спеченные ленты пористые, то при обжати они имеют значительную усадку, пропорциональную пористости, которая после наплавки снижается. Получение спеченных лент является дорогостоящим мероприятием.

Формирование наносимого износостойкого наплавленного слоя при использовании вышеуказанных присадочных материалов имеет много общего. Согласно исследованиям, обобщенным в [11] процесс образования связи адгезии между компонентами многостадийный. На первом этапе происходит образование физического контакта, т. е. сближение достаточно большого числа атомов поверхностных слоев соединяемых путем пластической деформации последних на расстояние, при котором возникает взаимодействие атомов. Если объекты состоят из химически индифферентных материалов, взаимодействие между ними может возникнуть в результате действия сил Ван-дер-Ваальса. При достаточно сильном сближении материалов с металлическим типом связи между атомами может установиться и металлическая связь (этот процесс в большей степени присущ холодной сварке). Если материалы обладают различными свойствами и сближение происходит путем пластической деформации хотя бы одного из них, может возникнуть слабое химическое взаимодействие. В этом случае происходит активация контактной поверхности пластически деформированного материала за счет дислокаций,

что создает условия для образования слабых химических связей. На втором этапе происходит активация контактных поверхностей (создание активных центров). При соединении разнородных материалов на второй стадии происходит образование активных центров на более твердом из соединяемых материалов. Наличие этого этапа и его продолжительность обусловлены особенностью пластической деформации более твердого материала. Третий этап характеризуется объемным взаимодействием. Эта стадия начинается с момента образования активных центров на поверхностях. При этом происходит дальнейшее развитие взаимодействия соединяемых материалов как в плоскости контакта с образованием прочных химических (или металлических) связей, так и в объеме зоны контакта. Этот процесс протекает на активных центрах, представляющих собой дефекты структуры (дислокации, вакансии), при этом происходит объединение дискретных очагов взаимодействия и релаксация напряжений в объеме объединенных слоев контактирующих объектов.

ВЫВОДЫ

Применение электроконтактной наплавки, при которой на изношенную поверхность наносят слой требуемой толщины, обладающий заданным уровнем рабочих характеристик, позволяет эффективно решать задачу продления нормативного срока службы технологических узлов. Тип и состав наплавочного материала оказывает существенное влияние на получаемые в результате проведения восстановительных работ свойства наплавленного слоя, такие как пористость, прочность сцепления, износостойкость.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чумаченко М. Г. Концепція державної промислової політики України / М. Г. Чумаченко, О. І. Амоша, М. І. Іванов. – Донецьк : ІЕП НАН України, 2000. – 424 с.
2. Заблоцкий В. К. Особенности абразивного износа комплексных В-Сr-Al покрытий на углеродистых сталях / В. К. Заблоцкий, Ю. Г. Дьяченко // Восточноевропейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 4/1 (22). – С. 59–62.
3. Захарова О. В. Экономические аспекты энергосбережения на промышленных предприятиях / О. В. Захарова // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2002. – № 2. – С. 40–45.
4. Амелин Д. В. Новые способы восстановления и упрочнения деталей машин электроконтактной наваркой / Д. В. Амелин, Е. В. Рыморов. – М. : Агропромиздат, 1987. – 151 с.
5. Харченко Г. К. Плакирование стали титаном через прослойку ванадия / Г. К. Харченко, В. Г. Ткаченко // Цветные металлы. – 1996. – № 8. – С. 90–92.
6. Катренко В. Т. Исследование электроконтактной наплавки ребер КСКУ сормайтот ПГ-С27 без подготовки наплавляемой поверхности / В. Т. Катренко, В. А. Пресняков // Технологические основы современного сварочного производства. – Краматорск : КИИ, 1992. – С. 110–112.
7. Андоров С. Ф. Электроконтактная наплавка порошково-полимерных материалов / С. Ф. Андоров, Б. М. Гарипов // Сварочное производство. – 1990. – № 5. – С. 6–7
8. Ульман И. Е. Работы ЧИМЭКС по восстановлению изношенных деталей машин / И. Е. Ульман // Сварочное производство. – 1985. – № 1. – С. 4–5.
9. Поляченко А. В. Восстановление чугуновых деталей электроконтактной приваркой спеченной порошковой ленты / А. В. Поляченко, А. М. Мусагаджиев, В. И. Бурмистров // Современные методы наплавки, упрочняющие защитные покрытия и используемые материалы : IV Украинская республиканская научно-техническая конференция. – Харьков : ХАДИ, 1990. – С. 85–86.
10. Чигарев В. В. Влияние технологических параметров изготовления порошковых лент на формирование наплавленного металла / В. В. Чигарев, Д. А. Зареченский, А. Г. Белик // Вісник ДДМА : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – № 2 (19). – С. 299–304.
11. Ярошевич В. К. Электроконтактное упрочнение / В. К. Ярошевич, Я. С. Генкин, В. А. Верецагин. – Мн. : Наука и техника, 1982. – 256 с.