

МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА СБОРНЫХ РЕЗЦОВ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ

Лебедев В.Я., к.т.н., доцент

*ГНУ «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Федорович Э.Н., к.т.н., доцент; **Бабич В.Е.**, ассистент

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Кондратович А.А., к.т.н., доцент; **Дмитриченко Г.С.**

*Институт по переподготовке и повышению кадров МЧС РБ,
Минская обл., Борисовский район пос. Светлая роща, Республика Беларусь*

Основными задачами технического совершенствования технологии разрушения и добычи горных пород является повышение производительности проходческих комбайнов, а также расширение области их применения на более прочные и абразивные породы, при этом важную роль играет работоспособность, надежность инструмента.

Традиционная конструкция горного инструмента включает корпус, содержащий посадочный хвостовик и режущую поверхность с закреплённой на ее острие твёрдосплавной вставкой. Стойкость такого сборного инструмента определяется как стойкостью твёрдосплавного наконечника так и корпуса. Особенно нагружена переходная коническая зона сопряжения твёрдосплавного наконечника и корпуса. К тому же, при пайке наконечника значительно разупрочняется материал корпуса.

В настоящее время корпуса резцов для горных работ изготавливают резанием, штамповкой, прокаткой. В зависимости от технологии производства материал корпуса резца наследует свойственную ей текстуру. Наиболее выгодные волокнистая текстура и микроструктура материала корпуса достигаются методом поперечно – клиновой прокатки. Однако это не исключает повышенный износ резца в зоне контакта наконечника и корпуса инструмента. Основной причиной выхода из строя резцов при работе на породах сложного строения с наличием большого числа твердых включений и прослоек является разрушение твердого сплава. Поломка и отрыв зубка от державки вызывается деформацией зоны паянного соединения и износом державки. В связи с чем весьма актуальным является разработка методов изготовления резцов, обеспечивающих высокую стойкость и производительность при добыче. Повышение прочности резца можно обеспечить использованием более прочных марок твердого сплава; применением высокопрочных сталей для корпуса резцов и упрочненных припоев; повышением износостойкости резца в целом посредством упрочняющих финишных операций. Наиболее рациональным представляется последний метод, позволяющий устранить дефекты, снизить шероховатость рабочих поверхностей разрушающих элементов резца и одновременно улучшить эксплуатационные характеристики [1].

Качество инструментов в значительной мере формируется на финишных операциях. Величина микронеровностей на рабочих поверхностях инструмента оказывает существенное влияние на стойкость инструментов. Снижение шероховатости поверхностей обеспечивает более благоприятный микропрофиль для пар трения и при работе резца уменьшается трение и износ. При значительных величинах микронеровностей поверхностей при их взаимном скольжении происходит механическое зацепление микронеровностей и интенсивное разрушение поверхностей.

Резцы проходческих комбайнов относятся к сборным, многокомпонентным деталям. В процессе сборки зачастую не обеспечивается их достаточная надежность. Финиш-

ная обработка таких деталей, как правило, не производится, из-за технологических трудностей. Несовершенная технология финишной обработки многокомпонентных изделий создает проблему повышения качества ряда изделий машиностроения. Использование для обработки сборных деталей типового оборудования затруднено, так как детали данного типа имеют сложный профиль и изготавливаются из материалов с различными физико-механическими свойствами. Необходимо применение финишных методов обработки, позволяющих эффективно обрабатывать поверхности сложного профиля, состоящие из различных материалов за один установ, одним инструментом и обеспечивая требуемый уровень качества поверхности. Наиболее перспективным методом для решения поставленной задачи видится использование метода МАО. Магнитно-абразивная обработка резцов для горной техники представляет актуальную научную и технологическую задачу, так как необходимо с одинаковой скоростью обработать материалы, отличающиеся химическим составом, физико-механическими свойствами и обрабатываемостью резанием. К тому же рабочая часть резцов имеет сложную форму и линейная скорость резания на различных ее участках изменяется от 0 до максимального значения при различных методах обработки. Достижимая при МАО микрогеометрия поверхностей конической части корпуса и твердосплавной вставки в сочетании с улучшением их физико-механических свойств должна обеспечить значительный рост работоспособности и стойкости резца в целом.

Важнейшая особенность процесса магнитно-абразивной обработки – отсутствие связки в абразивном инструменте. Ее роль выполняет магнитное поле. Жесткость инструмента – порошка бесступенчато регулируется в широких пределах изменением величины магнитного потока в зоне обработки. Возможность управления эластичностью инструмента предопределяет универсальность метода магнитно-абразивной обработки. Его по необходимости можно вести в режиме, близком шлифованию, суперфинишрованию, хонингованию, струйно-абразивной обработке или полированию. Если при финишных методах обработки существенная роль в достижении конечных результатов принадлежит обрабатываемому материалу, поскольку он непосредственно контактирует с обрабатываемой поверхностью и формирует ее свойства, то при обработке в магнитном поле роль режущего инструмента важна вдвойне, поскольку его ферромагнитными свойствами в значительной мере определяются нормальные силы воздействия на обрабатываемое изделие. Их величина составляет для ферромагнитных абразивных частиц 1,5-12,1 мкН и зависит от характеристик магнитного поля, размеров и формы зерна, а также от положения в рабочем зазоре. При шлифовании единичным зерном нормального элекорунда, зернистостью 125/80 мкм при глубине шлифования 10-40 мкм нормальные силы находятся в пределах 2,75-11,8 Н [2].

При необходимости удаления относительно большого припуска сил магнитного поля оказывается недостаточно для интенсивного воздействия частиц на обрабатываемую поверхность. В этом случае возникает необходимость использования специальных приемов, которые обеспечили бы увеличение силового давления инструмента на поверхность изделия. Например, создаются условия для механического заклинивания частиц в рабочем зазоре, образуемом поверхностями полюсного наконечника и обрабатываемого изделия. Величина механической составляющей давления порошка может превосходить значения суммарных пондеромоторных сил, создаваемых магнитным полем, в 1,5-2 и более раз. Значительное увеличение этого соотношения может привести к шаржированию абразивом обрабатываемой поверхности, интенсивному измельчению ферро-абразивных частиц в процессе работы и снижению производительности процесса.

Частицы электроорунда зернистости 40-28 мкм, применяемые в качестве абразивного компонента ферроабразивных гранул, имеют радиус округления вершин в пределах 6-12 мкм. Установлено, что при магнитно-абразивной обработке макрорезание такими частицами невозможно [2]. Процессы выглаживания и снятия стружки с обрабатываемого изделия определяются микро- и субмикрогеометрическими характеристиками поверхности

абразивных частиц, а не их макрогеометрией. Роль режущих центров этих частиц могут выполнять выступы радиусом 0,2-1,3 мкм. При этом глубина собственных следов микро-резания составляет 0,15-0,80 мкм. Давление порошковой массы на поверхность изделия может составлять 0,2-1,0 МПа. При жестких режимах процесса оно может достигать значения 3,5 МПа. Вращающееся в магнитном поле металлическое изделие может нагреваться вихревыми токами до 50-70°C, а температура на поверхности изделия, вызванная контактом с порошком-инструментом, во время работы составляет обычно не более 110 °С. При подаче в рабочую зону смазочно-охлаждающей жидкости в количестве не менее 0,01 л/с*см² установившаяся температура нагрева изделий в процессе магнитно-абразивной обработки не превышает 65°C [2,4].

Относительно малое давление порошка-инструмента на обрабатываемые поверхности и незначительный нагрев изделия во время магнитно-абразивной обработки способствуют формированию поверхностных слоев с минимальным количеством дефектов структуры. При полировании в магнитном поле с преобладанием процессов микро- и субмикро-резания глубина собственного нарушенного слоя не превышает 1-2 мкм. Однако по необходимости можно обеспечить такие условия обработки, при которых имеет место преимущественно процессы микро- и субмикрорезания. В этом случае глубина наклепанного слоя достигает 25-30 мкм, а микротвердость приповерхностного слоя увеличивается на 30-40%. Остаточные напряжения I рода распространяются на глубину 10 мм, являются сжимающими и составляют у поверхности изделия $G_1=1,2-2,0$ ГПа, после операции механического полирования $G_1=0,3-0,4$ ГПа [3,4,5].

При значительном снижении шероховатости поверхности магнитно-абразивная обработка обеспечивает существенное улучшение характеристик макрогеометрии обработанных изделий. Например, при обработке в магнитном поле цилиндрических образцов диаметром 37 мм из стали ШХ15 размерный съем металла не превышает 20 мкм, а сформированная поверхность имеет меньшие значения высоты микронеровностей (в 10-20 раз), волнистости (в 5-15 раз) и гранности (в 1,6-3 раза). После магнитно-абразивной обработки прямолинейности образующей цилиндров, а также характеристики неплоскостности изделий практически сохраняются на уровне, обеспеченном предшествующей операцией [2, 3, 4, 5, 7].

При полировании в магнитном поле прерывистых поверхностей имеет место более интенсивный съем у кромок изделий. В результате можно обеспечить заданный радиус закруглений кромок в пределах 0,05-0,5 мм. Большие возможности регулирования технологическими параметрами процесса магнитно-абразивной обработки позволяют формировать требуемый микрорельеф поверхности изделия в широком диапазоне – от выглаженного до развитого шероховатого. Одновременно с этим можно обеспечить необходимое состояние приповерхностного слоя – напряженно-деформированное или характеризующееся минимальным количеством дефектов структуры.

Гибкость управления режимами, множество вариантов реализации процессов магнитно-абразивной обработки предопределяет широкие возможности обеспечения оптимальных эксплуатационных свойств ответственных деталей машин и приборов. Изделия, обработанные магнитно-абразивным способом, превосходят обработанные существующими финишными способами по важным эксплуатационным показателям: сопротивлению износу – в 1,3-7 раз; коррозионной стойкости – в 2-15 раз; контактной прочности – в 1,5-2 раза. Показатели производительности и качества магнитно-абразивной обработки определяются схемой процесса и его технологическими параметрами, и в первую очередь кинематическими факторами, геометрическими и магнитными характеристиками зоны обработки, свойствами применяемых ферромагнитных абразивных порошков. Условия обработки выбирают исходя из назначения операции, формы и размеров обрабатываемой по-

верхности, материала изделия, его исходного состояния и комплекса требований к обрабатываемой поверхности.

Резцы проходческих комбайнов имеют сложнопрофильную поверхность, что определяет необходимость использования эквидистантных полюсных наконечников (рисунок). Однако данное действие не всегда позволяет эффективно обрабатывать изделия, состоящие из материалов с низкой магнитной проницаемостью (твердые сплавы, цветные металлы т.д.). В связи с чем возникает необходимость разработки магнитно-абразивных устройств, которые позволят увеличить давление ФАП на обрабатываемую поверхность, тем самым компенсировав низкую магнитную проницаемость обрабатываемого материала.



Рисунок – Рабочая зона установки СФТ 2.150 при обработке резцов проходческих комбайнов с использованием эквидистантных полюсных наконечников

Для решения данной технологической задачи были изготовлены полюсные наконечники, снабженные вставками, устанавливаемыми подвижно относительно полюсных наконечников, для более эффективного воздействия ФАП с обрабатываемой поверхностью [6].

Полюсные наконечники снабжены колеблющимися в радиальном направлении вставками, установленными подвижно относительно полюсных наконечников посредством колебательного контура. Механизм вращения обрабатываемой детали приводит в движение обрабатываемую деталь (вращение). Наконечники совершают возвратно-поступательное движение вдоль оси вращения детали. При воздействии колебательного контура вставки колеблются с необходимой частотой, локально изменяя форму рабочего зазора.

В процессе прохождения магнитного потока через деталь, по средствам разомкнутой электромагнитной системы, через наконечники обрабатываемая деталь намагничивается и при подаче в зону обработки ФАП в рабочем зазоре образуется абразивная «щетка». При помощи пульсирующих вставок изменяется форма рабочего зазора, создавая местные уменьшения зазора между полюсным наконечником и деталью, позволяя управлять распределением порции порошка в пределах зоны обработки. Создавая зону с повышенным давлением порошка на поверхность детали, появляется возможность управлять интенсивностью съема по всей площади обрабатываемой детали или на отдельных ее участках.

За счет изменения частоты колебаний пульсирующих вставок, расстояния между вставками и поверхностью обрабатываемой детали обеспечивается возможность обработки без переналадки изделий. Также обеспечивается равномерность распределения ферромагнитных частиц на обрабатываемой поверхности, что обеспечивает достаточную произ-

водительность и качество обработки изделий с низкой магнитной проницаемостью. Устройство использовалось при MAO резцов РКС, состоящих из материалов с различными физико-механическими свойствами (корпус – сталь 30ХГСА и наконечник – твердый сплав ВК8). Колеблющиеся вставки были расположены в области перехода «сталь - твердый сплав». Обработка велась при следующих режимах:

магнитная индукция	$B=1,2\text{Тл};$
скорость вращения образца	$V_{рез}=2,0\text{м/с};$
величина рабочего зазора	$\delta=1,0-1,5\text{ мм};$
амплитуда осцилляции	$A=1,5\text{мм}$
амплитуда осцилляции колеблющихся вставок	$A_{ос}=(0,2-0,5)\delta$
коэффициент заполнения рабочего зазора	$K=1,0-0,8$
ФАП Ж15КТ 250/315	

Часто при анализе состояния поверхности деталей их качество оценивается лишь величиной шероховатости. Этот параметр принимают за характеристику работоспособности и прочности изделия. Безусловно, резцы проходческих комбайнов подвергаются абразивному изнашиванию и требуют низкой шероховатости рабочих поверхностей. В процессе взаимодействия с породой при больших величинах микронеровностей возникают высокие температуры и, как следствие, ухудшение характеристик поверхностного слоя и происходит более интенсивный износ. Рядом исследований установлено, что улучшение микрогеометрии поверхности деталей способствует повышению их прочности, но не является определяющим фактором, характеризующим работоспособность. Процесс упрочнения поверхностного слоя в значительной степени связан с характеристиками их тонкой кристаллической структуры [7].

Влияния режимов MAO на микротвердость исследовали на образцах резцов РКС проходческих комбайнов. По сравнению с исходным значением при магнитно – абразивном полировании микротвердость поверхности повышается до 35%, толщина упрочненного слоя при этом остается неизменной. Магнитно – абразивная обработка позволяет достичь на корпусе резца (сталь 30ХГСА) R_a 0,6 мкм с исходной R_a 3,2 мкм, на зубке (ВК8) R_a 0,32...0,16 мкм с исходной R_a 1,25 ... 0,63 мкм.

На основании результатов экспериментальных исследований можно сделать вывод, что магнитно – абразивная обработка является эффективным способом отделочной обработки резцов из сталей 30ХГСА и твердого сплава ВК8, при котором существенно снижается шероховатость поверхности, возникают незначительные наклепы и напряжения сжатия.

Магнитно-абразивная обработка является перспективным методом обработки многокомпонентных деталей, состоящих из материалов разной прочности. На примере резцов РКС показано, что физико-механические характеристики поверхностного слоя рабочего инструмента существенно повышаются, наряду с улучшением их микрогеометрии обеспечивается повышение эксплуатационных свойств поверхностного слоя как стали 30ХГСА, так и твердого сплава ВК8 за один технологический переход.

Работа выполняется в рамках проекта 1.30 ГППИ «Материалы в технике».

ЛИТЕРАТУРА

1. Леванковский, И.А. Общие вопросы создания и совершенствования режущих блоков для горных и дорожных машин/ И.А. Леванковский, Е.З. Позин // Разрушение горных пород и композиционных материалов поворотными резцами. Сборник научных трудов. Выпуск 1. – М.: Издательство Академия Горных Наук, 1998. – С. 6- 29.
2. Сакулевич, Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки / Ф.Ю. Сакулевич. – Мн.: Наука и техника, 1981. – 326 с.

3. Кобчиков, В.С. Технология магнитно – абразивного полирования изделий из твердых сплавов: автореф., дисс. ... канд. техн. наук./ В.С. Кобчиков; Ленингр. политех. ин-т. - Ленинград.: 1983. – 16 с.
4. Сакулевич, Ф.Ю. Объемная магнитно-абразивная обработка / Ф.Ю. Сакулевич, Л.М. Кожуро. – Мн.: Наука и техника, 1978. – 168 с.
5. Панченко, В.М. Исследование технологических возможностей магнитно – абразивной обработки для повышения эксплуатационных свойств деталей машин. Автореф., дис. ...канд. техн. наук/ В.М. Панченко; Физико-технический ин-т АН БССР – Брянск, 1976. – 24 с.
6. Патент 5020 от 12.11.2008 Устройство для магнитно-абразивной обработки.
7. Барон, Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов / Ю.М. Барон. – Л.: Машиностроение, 1986. – 172 с.

Аннотация

Магнитно-абразивная обработка сборных резцов проходческих комбайнов

В статье исследуется возможность использования магнитно-абразивной обработки как финишной операции при изготовлении сборных многокомпонентных изделий, состоящих из материалов с различными физико-механическими свойствами.

Abstract

Magnetic-abrasive treatment of prefabricated incisors continuous miner

In article possibility of use of magnitno-abrasive processing as finishing operation at manufacturing of national teams multicomponent products consisting of materials with various physicommechanical properties is investigated.

УДК 621.923

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ БОЛЬШИХ ДИАМЕТРОВ

Акулович Л.М., д.т.н. профессор; Сергеев Л. Е., к.т.н. доцент;

Лебедев В.Я., к.т.н. доцент; Бабич В. Е., Сенчуров Е.В.

Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

Введение. Известно, что обработка отверстий является более сложной задачей, чем сопряженных и образующих с ними контактную пару наружных поверхностей. Существует ряд технологических операций для достижения требуемых показателей качества поверхности. Особая роль отводится финишным операциям. К ним относятся традиционные методы обработки шлифованием, хонингованием, суперфинишированием, доводкой. Однако каждому из этих методов сопутствует набор определенных «узких мест», снижающих эффективность их использования. В связи с изложенным актуально проведение постоян-