

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ДЕТАЛЕЙ И ПОКРЫТИЙ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Протасевич В.А., к.т.н., доцент; Ивашин Э.Я., к.т.н., доцент.
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»*

В статье даны рекомендации по совершенствованию механической обработки деталей сельскохозяйственной техники изготовленных методом порошковой металлургии: приведены оптимальные режимы механической обработки точением, шлифованием напыленных износостойких покрытий деталей сельскохозяйственной техники, рекомендованы инструментальные материалы для черновой и чистовой обработки деталей сельхозмашин изготовленных с применением металлических порошков.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 08.08.2002 № 1073 (ред. от 13.12.2005) «О государственной программе развития порошковой металлургии и сварки в Беларуси на 2006-2010 годы» предусматривается значительное расширение номенклатуры и объемов выпуска порошковых деталей для промышленности РБ [1].

Современный уровень развития машиностроения предъявляет повышенные требования к точности изготавливаемых деталей. В настоящее время методы порошковой металлургии не всегда обеспечивают получение изделий, которые не требуют применения дополнительной механической обработки, и все чаще требуются использование финишных операций механической обработки. Обеспечение необходимых параметров состояния поверхностного слоя и качества деталей из металлических порошков в целом может достигаться посредством целенаправленного управления термомеханическими характеристиками в зоне резания, правильного выбора способа и режимов обработки. Специфические особенности различных способов получения деталей отражаются на условиях их обработки резанием, что вызывает необходимость рассматривать рациональные режимные параметры резания для каждого способа и типа изделий в отдельности [2].

Анализ номенклатуры деталей, производимых из металлических порошков, показывает, что десятки наименований нуждаются в различных видах механической обработки. Наиболее часто встречаются такие операции, как сверление отверстий небольшого диаметра, нарезание крепежных резьб, прорезка наружных и расточка внутренних канавок и карманов, фрезерование пазов, круглое и плоское чистовое шлифование, чистовая обработка зубьев шестерен.

При изготовлении шестерен не всегда удается обеспечить требуемую точность зубчатого венца. При введении операций чистовой обработки

следует не только правильно выбрать технологический метод (фрезерование, шевингование, обкатка), но и рассмотреть вопрос о необходимости поверхностного уплотнения зубьев для повышения из прочности и износостойкости.

Весьма важным обстоятельством, обуславливающим эффективность внедрения методов порошковой металлургии в производство деталей достаточно сложной конфигурации, является вопрос о целесообразности максимального приближения формы заготовки и детали. Основным критерием здесь должны быть экономические соображения, во всяком случае, в крупносерийном и массовом производстве. Производительность пресс-автомата в значительной степени определяется временем наладки и регулировки пресс-формы и ее стойкостью, которая резко снижается при введении излишне высоких требований к точности размеров детали, при необходимости формирования значительного количества отверстий, пазов, канавок и т.д. Очевидно, что в этом случае следует всесторонне прорабатывать вопрос о введении операций финишной механической обработки. Это возможно только при наличии научно обоснованной нормативной документации, как в области порошковой металлургии, так и в области обработки резанием.

Практические вопросы финишной механической обработки порошковых материалов можно условно разделить на две группы – обработка деталей из порошковых материалов и обработка деталей с износостойкими покрытиями из порошковых материалов. Ниже излагаются результаты исследований, выполненных совместно с кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты» БНТУ.

При чистовом точении конструкционных материалов на железной основе оценивалась работоспособность резцов с неперетачиваемыми пластинками из твердых сплавов, минералокерамики и сверхтвердых материалов. Для материалов на основе железо-графит-медь интенсивность изнашивания увеличивается в направлении ВК-ТТК-ТК-эльбор-силинит-ВОК-60. Для материала на основе порошка ПЖ4МЗ, полученного методом горячего прессования, работоспособность инструментальных материалов ухудшается в направлении гексанит-ВК-эльбор-силинит-ВОК-60-ТК-ТТК. Таким образом, хотя из твердых сплавов наилучшими оказываются сплавы группы ВК, с ними в определенных случаях могут конкурировать минералокерамические и сверхтвердые материалы. Определяющим критерием стойкости являются пористость и теплопроводность порошкового и инструментального материалов. при увеличении пористости, повышении уровня легирования и понижении теплопроводности обрабатываемого материала предпочтение отдается твердым сплавам с более высокой теплопроводностью и ударной вязкостью.

Отрицательная роль пористости в уровне обрабатываемости материала уже известно. Подтверждением является тот факт, что при обработке порошковых материалов не выявлено преимущество пластин с покрытиями на основе нитрида титана. Интенсивность их изнашивания практи-

чески равна интенсивности изнашивания аналогичных пластин без покрытия, однако, характер износа отличается. Для пластин без покрытия износ имеет вид равномерной площадки, для пластин с покрытием – площадки со случайным, хаотическим контуром, такой характер износа, очевидно, обусловлен соударениями режущей кромки с краями пор, в результате чего происходят микросколы покрытия, и оно теряет свои защитные функции.

В качестве критериев затупления инструмента при обработке порошковых материалов принимаются технологические – ухудшение шероховатости обработанной поверхности, изменение уровня остаточной пористости в поверхностном слое после обработки, возникновение вибраций при определенных сочетаниях скоростей и усилий резания, возможность отслаивания поверхностных слоев и сколов на торцах деталей. Значения предельно допустимых величин износа при резании порошковых материалов лежат в пределах 0,20–0,40 мм.

Еще более специфическими могут быть критерии затупления при обработке покрытий. Известно, что слой покрытия обладает рядом отличительных свойств, а именно: сложным химическим составом и значительным количеством включений типа карбидов, боридов, нитридов, интерметаллидов; микропористостью, вызванной незаполненными пустотами, образовавшимися при деформировании слоя из отдельных частиц; высокой твердостью и прочностью, которые могут быть значительно выше исходных характеристик нанесенного порошкового материала и, в то же время, существенно изменяется при изменении направления растягивающего усилия.

Возрастание величины износа резца приводит к резкому увеличению силы резания и, как следствие, к срыву покрытия с поверхности детали или разрушению режущей кромки. В связи с этим, предельно допустимые величины износа при резании покрытий ниже, чем при резании конструкционных порошковых материалов.

Уровень сил резания определяет как условия резания, так и усилия, необходимые для закрепления детали на станке. При точении порошковых материалов величина резания невелика, находится в пределах 250–300 Н даже для высокотвердых материалов и покрытий, причем наибольшее значение приходится на долю радиальной составляющей.

Введение в состав материала антифрикционных присадок типа меди и серы снижают силы резания в 1,2...3 раза. При обработке материалов с ферритно-перлитной структурой уровень сил резания в 1,5...2 раза выше по сравнению с ферритной. Различия в свойствах инструментальных материалов, даже таких разнородных, как твердые сплавы и металлокерамика, на силу резания существенного влияния не оказывают.

Характер влияния элементов режима резания на стойкость инструментов при резании порошковых материалов соответствует известному для монолитных материалов. Весьма значительные влияния на стойкость оказывает структура обрабатываемого материала. Так, при точении мате-

риала ЖГр 1ДЗ изменение структуры с ферритной на ферритно-перлитную вызвало падение стойкости в 4...5 раз. Подобные факты указывают на необходимость жесткого технологического контроля при изготовлении детали из порошковых материалов.

В ряде случаев для финишной обработки порошковых материалов и покрытий используют шлифование. Установлено, что при круглом шлифовании материала ЖГр 1,5Д2,5 НВ 700 МПа с пористостью 15...20 % удовлетворительную обрабатываемость обеспечивают круги из эльбора, карбида кремния зеленого и электрокорунда белого на керамической связке. Однако, последние после 15-20 мин работы засаливаются и требуют правки. В зависимости от требуемой шероховатости обработанной поверхности найдены диапазоны регулирования скорости вращения детали, продольной и поперечной подач.

Эффективность плоского шлифования материала на основе порошка железа ПЖ4МЗ оценивалась по наличию прижогов на обработанной поверхности; засаливания кругов не наблюдалось.

Наиболее интенсивные прижоги возникали при использовании кругов из карбида кремния зеленого. В этом случае критическая безприжоговая глубина резания не превышала 0,002 мм и даже обильная подача СОЖ (содового раствора) не уменьшала интенсивность прижогообразования.

При шлифовании кругом из электрокорунда хромистого критическая безприжоговая глубина резания составляет 0,007 мм, при подаче СОЖ увеличивается до 0,01 мм. Наилучшие результаты получены при шлифовании кругом из электрокорунда белого. В этом случае критическая безприжоговая глубина резания составила 0,007 мм и увеличивается до 0,012...0,015 мм при применении СОЖ. Следует отметить, что СОЖ следует подавать обильно, с расходом около 0,13 дм³/с на 10 мм ширины круга. Увеличение расхода СОЖ способствует снижению температуры резания, и, следовательно, интенсивности прижогообразования.

При шлифовании кругом из электрокорунда белого исследовалось влияние продольной подачи детали на интенсивность прижогов при глубине резания 0,015 мм. Установлено, что в диапазоне подач до 4 м/мин прижоги практически отсутствовали. При увеличении $S_{\text{прод}}$ интенсивность прижогов увеличивалась и достигала максимума при $S_{\text{прод}}=8...10$ м/мин.

При дальнейшем увеличении $S_{\text{прод}}$ до 15...18 м/мин прижогов не было. Это можно объяснить следующим. На образование прижогов на обработанной поверхности влияют два фактора: мощность теплового источника и время его воздействия на элементарный участок обработанной поверхности. При малой скорости детали, мощность теплового излучения невелика и прижогов нет. При увеличении $S_{\text{прод}}$ отдельными зернами срезаются более толстые стружки и увеличивается мощность теплового источника. При скорости детали 8...10 м/мин время контакта детали со шлифовальным кругом достаточно и поэтому количества тепла, переходящего в детали, достаточно для образования прижогов. При увеличении скорости детали до

15...18 м/мин время контакта круга с деталью уменьшается и, несмотря на увеличение мощности теплового источника, количество тепла, переходящего в деталь, уменьшается и прижогов не образуется. При увеличении подачи от 4 до 18 м/мин возрастает шероховатость обработанной поверхности. Поэтому, можно рекомендовать черновые проходы выполнять при $S_{\text{прод}} = 18$ м/мин, что обеспечивает высокую производительность, а чистовые проходы и выхаживания производить при $S_{\text{прод}} = 18$ м/мин, что обеспечивает снижение шероховатости обработанной поверхности.

При лезвийной обработке покрытий, полученных методами газотермического напыления, режимы резания и геометрические параметры инструментов определяются, в первую очередь, условиями обеспечения качества, а затем уже периодом стойкостью инструмента. Например, точение покрытий на основе композиций Al_2O_3 , ZrO_2 , Cr_2O_3 , TiO_2 , NiO , Sm_2O_3 , Eu_2O_3 , полученных способом плазменного напыления, рекомендуется осуществлять при скорости резания $v \leq 0,6...0,75$ м/с, подаче в интервале $S_0 = 0,12...0,25$ мм/об и глубине резания $t \leq 0,15...0,3$ мм. Точение со скоростью $v = 0,85...0,9$ м/с сопровождается появлением наклепа, а при $v > 1,05$ м/с могут иметь место перенаклеп поверхностного слоя, появление чешуек и шелушение обработанной поверхности. Увеличение глубины резания более 0,15...0,3 мм и подачи свыше 0,25 мм/об приводит в отдельных случаях к выкрашиванию или отслоению напыленной композиции. Шероховатость поверхности зависит главным образом от величины подачи. Однако, снижение подачи менее 0,12 мм/об может вызвать повышенную степень наклепа поверхностного слоя. Геометрические параметры инструмента также оказывают большое влияние на качество обработки. При точении указанных материалов резцами с пластинами из твердого сплава рекомендуются следующие геометрические параметры заточки: передний угол $\gamma = 8^\circ$; задний угол $\alpha = 8^\circ$; углы в плане $\phi = \phi_1 = 45^\circ$; радиус закругления вершины резца $r = 1$ мм. Увеличение переднего угла резко снижает период стойкости инструмента; в то же время уменьшение γ ухудшает шероховатость поверхности и может привести к выкрашиванию покрытия. Оптимизация условий обработки по периоду стойкости режущего инструмента T для тех же обрабатываемых композиций приводит к другим рекомендациям по режимным параметрам обработки и геометрии режущей части инструмента. Так, при точении увеличение подачи свыше 0,1...0,15 мм/об, в отличие от обработки традиционных сталей и сплавов, приводит не к снижению, а к монотонному увеличению периода стойкости инструмента (рисунок 1). Это частично находит объяснение в специфических кривых изменения удельных контактных нагрузок q на инструмент ($q = P_z/F$; P_z – главная составляющая силы резания; F – площадь контакта передней поверхности резца со сходящей стружкой) в зависимости от элементов режима резания (рисунок 2). Наиболее рациональными геометрическими параметрами резцов, оснащенных пластинами твердого сплава ВК8 (рисунок 3), ВК3, ВК6-ОМ, ВК6-ОМ с покрытием TiC, ТТ7К12 или резцовыми вставками из

эльбора-Р, гексанида-Р, ПТНБ, являются: $\gamma = -10 \dots -50$, $\alpha = 6 \dots 10^\circ$, $\varphi_1 = 30 \dots 50^\circ$, $r = 1 \dots 1,5$ мм. В соответствии с этим при обработке материала, менее склонного к образованию поверхностных дефектов, технологические рекомендации по выбору элементов режима резания и геометрических параметров инструмента могут быть скорректированы с учетом возможности повышения периода стойкости инструмента и производительности обработки.

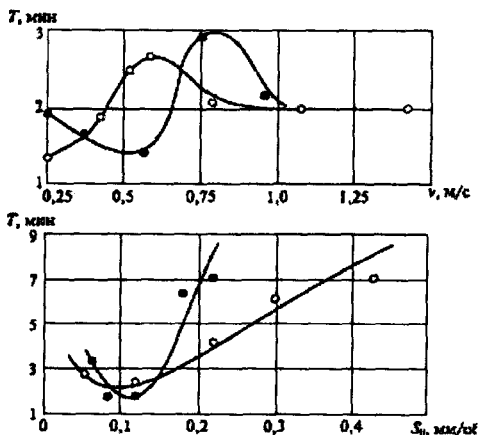


Рис. 1. Влияние изменения скорости резания v и подачи S_0 на период стойкости T режущего инструмента:

1, 2 – обрабатываемый материал – керамика на основе Eu_2O_3 , инструментальный материал ВК6-ОМ+TiC; 3, 4 – обрабатываемый материал – керамика на основе ZrO_2 , инструментальный материал – ВК8

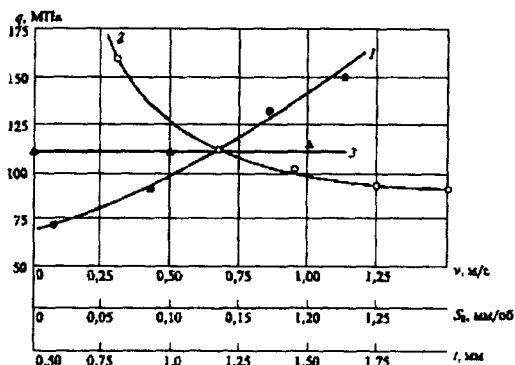


Рис. 2. Изменение условной удельной контактной нагрузки q от элементов режима резания:

1 – скорости обработки v ; 2 – подачи S_0 ; 3 – глубины резания t

Исследование шлифуемости газопламенных покрытий из самофлюсующихся сплавов ПГ-СРЗ и СНГН проводились при круглом шлифовании со скоростью вращения круга 35 м/с; продольная подача $S_{пр} = 1$ до 5 м/мин, поперечная подача $S_{п}$ – от 0,002 до 0,030 мм/дв. ход, смазочно-охлаждающая жидкость – 5 % раствор эмульсола в воде. В качестве инструментов применялись алмазные круги АПП 300x40x5x127 А и Р зернистостью 160/125, 125/100, 100/80, с концентрацией алмазов в алмазоносном слое 100%, связкой Б и круги АПП 300x40x5x127 А и В зернистостью 80/63, 63/50, 40/28, с концентрацией алмазов в алмазоносном слое 100% и связкой М1.

Наилучшие результаты достигнуты при применении круга АПП 300x40x5x127 АСР 125/100 Б1, 100% при работе на режимах: для покрытия ПГ-СРЗ – $S_{п} = 0,015$ мм/дв. ход, $S_{пр} = 3$ м/мин, $V = 6$ м/мин; для покрытия СНГН – $S_{п} = 0,03$ мм/дв. ход, $S_{пр} = 6$ м/мин, $V = 9$ м/мин. Шероховатость поверхности после обработки $Ra = 0,63 \dots 1,25$ мкм.

В условиях серийного производства наиболее рационально использовать сверхтвердые материалы (СТМ) на основе кубического нитрида бора (КНБ) марок эльбор-Р, гексанит-Р, ПТНБ, а также инструментальную минералокерамику ВОК-60, которые позволяют увеличить период стойкости инструмента по сравнению с твердыми сплавами группы ВК в 3 ... 9 раз при одновременном снижении машинного времени в 2 ... 4 раза и повышении качества поверхностного слоя. Для черновой обработки покрытий по корке при наличии ударных нагрузок вследствие неравномерности припуска более эффективно применение резцов, оснащенных вставками из гексанита-Р, при чистовой обработке предпочтительнее использовать ПТНБ и эльбор-Р. Минералокерамика ВОК-60 может применяться как при черновой, так и чистовой обработках. Из менее дефицитных инструментальных материалов рекомендуются твердосплавные пластины из ВК6-ОМ с покрытием из карбида титана.

Таким образом, исследования обрабатываемости порошковых материалов и покрытий позволяют:

- правильно выбрать критерии затупления;
- предварительно определить уровень стойкости инструментов и производительность обработки;
- прогнозировать уровень сил резания и необходимые усилия зажима, исключая деформации и поломки нежестких тонкостенных деталей;
- выбрать рациональные марки шлифовальных кругов и диапазон режимов резания при круглом и плоском шлифовании;
- определить направления дальнейших работ в области финишной механической обработки в рамках плана НИР УО БГАТУ «Разработать ресурсосберегающие технологии ремонта частей сельскохозяйственной техники».

Литература

1. О государственной программе развития порошковой металлургии и сварки в Беларуси на 2006-2010 годы: постановление совета Министров Республики Беларусь от 08.08.2002 N 1073 (ред. от 13.12.2005) зарегистрировано в Национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 14 августа 2002 г. N 5/10938.

2. Дечко Э.М., Ивашин Э.Я. Энергоэффективность при обработке отверстий по нормативам и рекомендациям зарубежных фирм. / Дечко Э.М., Ивашин Э.Я.// Энергоэффективные технологии, образование, наука и практика: Сб. Материалы международной научно-практической конференции. – Минск, 2010. – С. 109-113.

УДК 631.3.004.67: 621.793.724

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ИЗНОШЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «КРУГЛЫЕ СТЕРЖНИ»

*Ивашко В.С., д.т.н., профессор; Буйкус К.В., Савич А.С.
УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск*

Способы восстановления размеров изношенной поверхности.

Агрегаты и узлы автомобилей представляют собой совокупность множества деталей, подвергающиеся в процессе эксплуатации воздействию различного рода сил и условий, приводящих к необратимым процессам изнашивания их рабочих поверхностей.

По данным исследований, четверть изношенных деталей приходится на детали типа «круглые стержни», то есть количество и конструктивная значимость деталей типа «круглые стержни» являются определяющими в обеспечении работоспособности техники. К деталям типа «круглые стержни» в агрегатах и узлах относятся валы (коленчатый, распределительный и т.д.), а также так детали, имеющие конструктивные поверхности характерные для валов (оси, шкворни и др.).

В производственных условиях разработаны и реализованы десятки различных методов и способов нанесения покрытий на изношенные поверхности деталей. Выбор определенного способа для конкретной детали на предприятиях осуществлялся на основании технического, экономического и организационного анализа требований к восстановленным деталям с учетом исходного материала деталей, их условий работы в сопряжениях, величины износа и конструкционных особенностей, производственной программы, оснащенности предприятия, обеспеченности материалами, энергией, рабочей силой и других конкретных мероприятий. Из практики известно, что для восстановления одной и той же детали неред-