

В результате данной обработки формируется антифрикционно-упрочненный поверхностный слой толщиной $0,1 \div 0,3$ мм с глубиной проникновения антифрикционных элементов $0,010 \div 0,025$ мм, шероховатость поверхности $R_a = 0,25 \div 0,4$ мкм, остаточными напряжениями сжатия $\sigma_{ост} = 300 \div 800$ МПа.

В.М. Сорокин, С.С. Танчук

ФГОУ ВПО «ВГАВТ»

Н.М. Тудакова, А.В. Михеев, В.В. Михеев

НГТУ им. Р.Е. Алексеева

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ ТРУЩИХСЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВАЛОВ КОМБИНИРОВАННЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Рассматриваются различные технологические способы одновременного раздельного воздействия смазочно-охлаждающей жидкости и раствора антифрикционной смеси в зону резания и поверхностной пластической деформации

В различных отраслях машиностроения наиболее важными являются задачи повышения производительности труда и качества изделий. При этом все большее применение приобретают комбинированные методы обработки, так как они высокопроизводительны и позволяют получить высокое качество обрабатываемых поверхностей деталей. Особое место среди известных комбинированных процессов обработки занимает метод антифрикционно-деформационной обработки (метод КАДО или КАУО), который обеспечивает наибольшую производительность и качества упрочнения за счет совмещения различных операций обработки, в том числе с нанесением антифрикционных покрытий и реализуется на сравнительно простом оборудовании.

Применение комбинированных многофункциональных инструментов (см. статья авторов в данном сборнике) позволяет значительно повысить производительность обработки за счет увеличения минутных подач (скорость вращения детали 150–180 м/мин, подача 0,3–0,5 мм/об); шероховатость обработанной поверхности обеспечивается в пределах $R_a = 0,32 \div 0,63$ мкм при точности обработки 7–8 квалитет. В то же время производительность, стойкость инструментов и качество обработки (шероховатость, напряженное состояние и т.п.) в значительной степени будет зависеть от подачи в зону обработки смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), либо раствора антифрикционной смеси (РАС) в случае нанесения на рабочую поверхность антифрикционного покрытия, которые, как правило, подаются открытым способом (поливом). Примерами такой совмещенной комбинированной обработки (СКО) могут служить способы и устройства (инструменты), реализуемые с помощью а.с. № 977139, Б. №44, 1982; № 1682147, Б. № 37, 1991 и др. Данные устройства содержат резцовые блоки, сепаратор с деформирующими роликами (шариками), камеру для приема и распределения с помощью канавок (каналов) в сепараторе (втулках) СОЖ к режущим и деформирующим инструментам. Такой способ подачи СОЖ или РАС, а иногда того и другого одновременно, не всегда обеспечивает требуемое количество обработки, эффективное охлаждение одновременно обрабатываемых двух и более инструментов и направленный отвод стружки из зоны резания, что снижает стойкость инструментов и производительность обработки. Все это свидетельствует о необходимости совершенствования совмещенных способов комбинированной обработки, позволяющих повысить стойкость инструментов, показатели качества обрабатываемой поверхности и производительность обработки.

В связи с этим предложен способ СКО, включающий процессы режуще-деформирующей обработки с одновременным раздельным воздействием на зоны резания и ППД напорных струй СОЖ и РАС, обеспечивающий получение антифрикционного покрытия из элементов MoS_2 , Cu, Sn, Pb и др. из РАС, уплотнения его и формирование регулярного микрорельефа в соответствии с ГОСТ 24773 на обрабатываемой заготовке. Реализация способа СКО может быть осуществлена с помощью устройства, разработанного нами на базе комбинированного инструмента (КИ) (а. с. №1252146, Б. № 31, 1986). Устройство состоит из режуще-деформационного инструмента, на корпусе которого с помощью шлицевого соединения и резьбовых штифтов установлено приспособление (кронштейн с хвостовиком) служащее соединительным звеном в системе раздельного подвода технологических жидкостей (СОЖ и РАС) к обрабатываемым элементам и звеном для крепления в суппорте станка.

В приспособлении выполнены два сквозных отверстия (камеры) с резьбой со стороны обоих торцев, к которым подводятся трубопроводы для подачи СОЖ и РАС.

Обработку предлагаемым устройством осуществляют следующим образом. Заготовку закрепляют в центрах или патроне токарного станка и сообщают ей вращение. На торцевой поверхности заготовки резцом комбинированного инструмента (или предварительно другим резцом на другом станке) выполняют фаску высотой $h=t_0+i_{\text{деф}}$ (где t_0 – глубина резания, установленный припуск на обработку; $i_{\text{деф}}$ – статический натяг деформирования – разница между радиальными вылетами режущего и деформирующего элементов комбинированного инструмента перед обработкой). Затем, установив чашечный резец на глубину резания t_0 , включают осевую подачу его вдоль заготовки и одновременно подачу СОЖ на обрабатываемую поверхность. Затем в контакт с поверхностью оставшейся на заготовке фаски высотой $i_{\text{деф}}$ входит деформирующий шарик, при выходе которого на цилиндрическую поверхность заготовки усилие деформирования возрастает до заданного номинального значения, одновременно включается подача РАС и производится процесс вибронакатывания обработанной, впереди идущим чашечным резцом, поверхности с нанесенными под давлением струи РАС антифрикционными элементами из раствора.

В результате такой СКО в поверхностном слое заготовки происходят реакции, подчиняющиеся законам неравновесной термодинамики, что приводит к образованию более прочных, чем в обычных условиях, связей между формирующимся покрытием и основой. При этом осажденные частицы покрытия сближаются друг с другом и с обрабатываемой поверхностью заготовки, возникает их прочный физический контакт, схватывание и образование соединений в твердой фазе. Проходящий затем процесс упругого восстановления отпечатка деформирующего элемента сопровождается возникновением в поверхностном слое сжимающих остаточных напряжений, которые обеспечивают повышение прочности сцепления покрытия с основой и качество обработанной поверхности детали.

Для оценки эффективности данной обработки проводили комплекс исследований на цилиндрических образцах-валах с наружным диаметром 80–100 мм, длиной 600–700 мм из сталей 45, 30ХГСА, получивших распространение при изготовлении штоков различных пневмо- гидроагрегатов. Обработку проводили на металлорежущем станке мод. 1А616 при следующих условиях и режимах: исходная точность заготовки – 10–11 квалитет, чашечный резец $\varnothing 60$ мм с режущим элементом из материала Т15К6, деформирующий элемент – шарик $\varnothing 5$ мм (ШХ15, HRC 60), скорость вращения заготовки 150–180 м/мин, осевая подача инструмента 0,08–0,1 мм/об, усилие деформирования 400–500 Н, амплитуда колебаний шарика 1–1,5 мм, глубина резания 1,5–2 мм, фаска на торце заготовки, выполненная предварительно высотой 4 мм, статический натяг деформирования 2 мм, СОЖ – эмульсия под давлением 30–10⁵ Па, раствор антифрикционной смеси – состав мас. %: медь хлорная – 10, олово двуххлористое – 3–4, стеариновая кислота – 0,5, уксусная кислота – 8–10, мочевины (карбомид)

– 1, дисульфид молибдена – 4, вода – 10, глицерин (динамитный) – остальное, давление подачи РАС – $30\text{--}10^5$ Па.

Параметры качества поверхностного слоя: характеристики микрорельефа, микротвердость H_u и твердость по Виккерсу HV, микроструктуру, прочность сцепления антифрикционного покрытия с основой и др., а так же эксплуатационные характеристики: износо- и задиростойкость, коэффициент трения, коррозионную стойкость, изучали с помощью известных стандартных методик и приборов.

В результате исследований выявлено, что при СКО на указанных режимах обеспечивается устойчивое сплошное равномерное покрытие пленкой толщиной 1–1,5 мкм на микровыступах неровностей обработанной поверхности с шероховатостью после обработки резцом $0,6 < R_a < 5$ мкм. При этом в зависимости от режима обработки и исходной шероховатости на поверхности возможно образование как полностью регулярного микрорельефа с высотой неровностей $R=1\text{--}2$ мкм по ГОСТ 24773, так и регулярных синусоидальных канавок глубиной 2–8 мкм, радиусы скругления вершин и впадин неровностей увеличиваются до 800–1000 мкм по сравнению с 30–60 мкм для поверхностей, обработанных резанием. Одновременно с улучшением микрорельефа происходит упрочнение (наклеп) поверхностного слоя деталей на 10–20%, изменяется структура пленочного покрытия, которые в процессе эксплуатации при трении способны к самовосстановлению. Данные изменения приводят к значительному уменьшению контактного давления между деталями и коэффициентов трения, что резко снижает вероятность задира рабочей поверхности и теоретически (в некоторых случаях практически) исключает изнашивание основных металлов трущихся деталей. Для подтверждения указанного проводились сравнительные испытания на специальной установке типа СМЦ-2. Испытания показали, что СКО трущихся цилиндрических поверхностей валов, в результате формирования регулярного микрорельефа (в том числе и с синусоидальными канавками), покрытого антифрикционными пленками особой структуры (после вибронштагивания) с повышенными прочностными свойствами, обеспечивает по сравнению с традиционными (серийными) способами обработки, например, обработкой резанием плюс обкатка шариком (без покрытия): уменьшение интенсивности износа поверхности в 5 и более раз; сокращение времени приработки поверхности в 2–5 раз; повышение задиростойкости поверхностей в 10 и более раз; повышение стойкости резца в 1,5–2 раза, шарика – более чем в 10 раз; снижение величины коэффициента трения в 2 раза.