

действием локальных инерционных сил деформируемой заготовки и промежуточного бойка. Анализ отношения $\frac{\rho_6 L_6}{\rho A}$ в знаменателе уравнения (12) показывает, что применение в схеме нагружения промежуточного бойка способствует оптимизации энергосилового режима за счет более интенсивного снижения усилия деформирования на стадии торможения.

Из анализа (12) видно, что оно практически полностью отражает условия деформирования μ , N , V , реологические характеристики материала k , ρ , значения соударяющихся масс: основного пуансона, промежуточного бойка, заготовки M , $m_{пб}$, m_z . Опосредованно в (12) представлен и оптимальный угол конусности β клиновой матрицы, определяемый по (11) через параметры μ и N .

С учетом сказанного выражение (12) может быть рекомендовано для прогнозирования ми-

нимальной верхнеграницной нагрузки, действующей на пуансон, при осуществлении технологий скоростного выдавливания стержневых изделий с применением промежуточного бойка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаевич Л. А., Качанов И. В. Новые технологии изготовления стержневого инструмента с плоским рабочим торцом // Матер. междунар. науч.-техн. конф. / Мин. обр. РБ; БГПА. – Мн., 2000. – С. 188.
2. Томленов А. Д. Теория пластического деформирования металлов. – М.: Metallurgy, 1972. – 408 с.
3. Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Наука, 1988. – 712 с.
4. Дьяконов О. М. Исследование процесса высокоскоростного выдавливания полостей различной формы: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.16.05 / БПИ. – Мн., 1979. – 23 с.
5. Качанов И. В. Исследование процесса и разработка технологий скоростного горячего выдавливания стержневых изделий: Дис. ... канд. техн. наук: 05.16.05 / БПИ. – Мн., 1982. – 240 с.

УДК 621.793.1

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Доктора техн. наук, профессора МРОЧЕК Ж. А.,
КОЖУРО Л. М., ФИЛОНОВ И. П.

Белорусская государственная политехническая академия,
Белорусский государственный аграрный технический университет

В основе механизма магнитно-абразивной обработки (МАО) лежит механохимический съем материала с поверхности обрабатываемой заготовки (рис. 1). Существенную роль здесь играет пластическое деформирование вершин микронеровностей магнитно-абразивным порошком, плотность которого может изменяться напряженностью магнитного поля. Подача в зону обработки СОЖ, которая в данном процессе выступает как электролит и носитель поверхностно-активных веществ, а не как средство охлаждения заготовки, обеспечивает прохождение процесса электролиза. В результате происходит электрохимическое растворение поверхности заготовки, а так как магнитно-абразивный порошок постоянно перемещается между накопниками электромагнитов и поверхностью заготовки (между катодом и анодом), растворяется

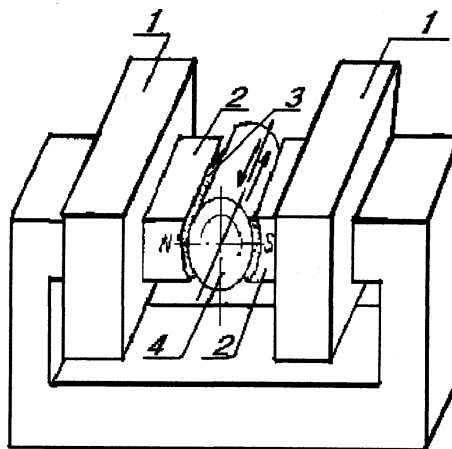


Рис. 1. Принципиальная схема магнитно-абразивной обработки поверхностей тел вращения: 1 – электромагниты; 2 – наконечники электромагнитов; 3 – ферромагнитный порошок; 4 – изделие

и ферромагнитная основа зерен порошка. Анодное растворение материала поверхности обрабатываемой заготовки активно влияет на уменьшение шероховатости, увеличивает производительность обработки. Разрушение ферромагнитной основы зерен порошка обеспечивает вскрытие абразивных частиц, способствует увеличению режущей способности абразивных зерен [1].

Анализ результатов исследований подтверждает, что процесс МАО носит характер избирательного и ориентированного абразивного микрорезания и микровыглаживания. Сущность избирательного абразивного микрорезания заключается в том, что в процессе обработки зерна порошка, особенно активно на начальной стадии, контактируют с вершинами гребешков микронеровностей обрабатываемой поверхности, которые являются концентраторами магнитных силовых линий. При износе и затуплении вершин абразива или в результате действия электролиза в процессе обработки постоянно происходит переориентация зерен порошка, когда они своей острой кромкой устанавливаются вдоль магнитных силовых линий, т. е. к обрабатываемой поверхности. В результате этого обработка поверхности заготовки производится наиболее острыми кромками, следовательно, имеет место процесс ориентированного абразивного резания [2, 3].

Установлено, что наиболее целесообразно использовать способ МАО в тех случаях, когда необходимо:

- снизить в процессе обработки циклические нагрузки в системе СПИД и сохранить точность геометрических размеров и форму обрабатываемой поверхности;

- уменьшить вероятность возникновения в зоне резания критических давлений и температур, что обеспечивается отсутствием жесткого крепления абразивного зерна в связке и свободным нивелированием поверхности режущего инструмента относительно формы обрабатываемой поверхности;

- повысить физико-механические параметры и качество поверхности материала изделия;

- регулировать величину съема материала с поверхности заготовки и жесткость инструмента;

- исключить влияние трения связки абразивного инструмента об обрабатываемую поверхность;

- осуществить размерную и безразмерную (декоративную) обработку, обеспечивающую

величину съема 0,02...0,50 мм на диаметр заготовки за 10...120 с;

- уменьшить шероховатость поверхности за оптимальное время с $R_a = 1,25...0,32$ до $R_a = 0,08...0,01$ мкм или с $R_a = 10...2,5$ до $R_a = 0,32...0,08$ мкм;

- исключить засаливание инструмента, что позволяет полировать мягкие и вязкие материалы, такие как медь, алюминий, титан.

При таком большом количестве достоинств рассматриваемого способа обработки, казалось бы, целесообразность его использования в производстве неоспорима. Однако следует помнить:

- наиболее рационально применять МАО как финишную операцию, когда необходимо уменьшить шероховатость и провести декоративную отделку поверхности;

- при подготовке поверхности к МАО геометрические параметры точности должны быть достигнуты на предшествующей операции;

- МАО чаще всего используется как безразмерная;

- после обработки необходимо проводить дегмагнитизацию детали;

- не всегда можно достигнуть одинаковой величины шероховатости поверхности на круглых заготовках с большим перепадом диаметров за одинаковый промежуток времени.

Для определения оптимальной величины перепадов диаметров на ступенчатых круглых заготовках с целью достижения одинаковой шероховатости поверхности за время МАО были проведены экспериментальные исследования. Обрабатывали образцы из стали У10А твердостью 60...62 HRC с исходной шероховатостью поверхности $R_a = 1,25$ мкм и перепадом диаметров от 2 до 12 мм. Каждый образец имел по два минимальных и максимальных диаметра. Обработка велась при скорости резания 1,5 м/с, скорости подачи $3,5 \cdot 10^{-3}$ м/с, скорости осцилляции 0,2 м/с, амплитуде осцилляции 2 мм, рабочем зазоре 1,2 мм (для максимального диаметра образца), магнитной индукции в рабочем зазоре 0,9 Тл. При обработке образцов применяли порошок Ж15КТ (зернистость 160/125), в качестве СОЖ – 5-процентный водный раствор концентрата Syntilo R4. Время обработки – 30 с. Профиль и шероховатость поверхности образцов до и после обработки контролировали проекционно-теневым способом с использованием микроскопа.

Эксперименты показали, что при обработке в течение 30 с происходит равномерный съем ме-

тала с одинаковой шероховатостью поверхности по длине криволинейной образующей образцов, имеющих перепад диаметральных размеров до 10 мм.

При перепаде диаметральных размеров более 12 мм ухудшается равномерность обработки, причиной чего является изменение рабочего зазора по длине обрабатываемой поверхности образца. Последнее приводит к увеличению длины «цепочек» зерен порошка в рабочем зазоре на участке минимального диаметра образца и, следовательно, к снижению скорости резания и магнитной индукции в рабочем зазоре, что уменьшает сьем металла и увеличивает шероховатость поверхности. Это приводит к неравномерной обработке по длине криволинейной образующей фасонной поверхности.

Обработка результатов экспериментов методом математической статистики показала, что геометрические характеристики поверхности после МАО (табл. 1) находятся в корреляционной зависимости от среднего арифметического отклонения профиля.

Таблица 1

Геометрические параметры исходной поверхности, сформированной с использованием МАО

Параметры	Исходная поверхность	Поверхность после МАО
Среднее арифметическое отклонение профиля R_a , мкм	1,25	0,004
Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z , мкм	6,2	0,18
Наибольшая высота неровностей профиля R_{max} , мкм	7,12	0,24
Средний шаг неровностей профиля S_m , мкм	122	40,56
Средний шаг неровностей профиля по вершинам S , мкм	64	24,84
Относительная опорная длина профиля t_p на уровне $p = 0,5 R_{max}$, %	28	68

Содержание остаточного аустенита, величину и знак напряжений I рода, остаточные напряжения II рода и размеры блоков когерентного рассеяния в образцах определяли способом рентгеноструктурного анализа (табл. 2).

Анализ результатов исследований показал, что уменьшение содержания остаточного аустенита после МАО обусловлено деформациями,

возникающими на поверхности заготовки при обработке, так как он имеет низкую устойчивость в условиях деформирования даже при небольших температурах. Показано, что в тонком поверхностном слое заготовки в результате пластической деформации возникают остаточные напряжения сжатия I рода.

Таблица 2

Физико-механические параметры исходной поверхности, сформированной с использованием МАО

Параметры	Исходная поверхность	Поверхность после МАО
Содержание аустенита, %	12	6
Напряжения, ГПа:		
I рода σ_1	-0,04	-1,22
II рода σ_2	1,10	0,28
Дисперсность блоков когерентного рассеяния D , нм	86	32

Измельчение структуры блоков когерентного рассеяния свидетельствует о том, что при наличии в исходном материале разнообразных дефектов кристаллической решетки требуется приложить относительно небольшие усилия, чтобы в микрообъемах было достигнуто критическое сдвигающее напряжение и произошли элементарные пластические сдвиги. Последнее является причиной интенсивного дробления ранее существовавших блоков.

В исследуемом диапазоне времени обработки напряжения II рода увеличиваются. Это свидетельствует об упрочнении поверхности, формируемой МАО.

Таким образом, результаты исследований показали, что МАО обеспечивает: равномерные сьем металла и шероховатость поверхности по длине криволинейной образующей фасонных поверхностей вращения с перепадом размеров диаметров до 10 мм; снижение в поверхностном слое остаточного аустенита; формирование сжимающих остаточных напряжений; увеличение остаточных напряжений II рода и уменьшение размеров блоков в структуре зерен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сакулевич Ф. Ю. Основы магнитно-абразивной обработки. – Мн.: Навука і тэхніка. – 1981. – С. 327.
2. А. с. 403537 (СССР). Устройство для объемной полировки: М.Кл. В24 в 31/10.
3. А. с. 508380 (СССР). Устройство для объемной полировки: М.Кл. В24 в 31/10.