

УДК 621.924

А.Е. Проволоцкий, А.Н. Нарбутович-Кащенко

## **УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ СТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ**

**Постановка проблемы в общем виде и её связь с важными научными и практическими задачами.**

При струйной обработке исследуются различные режимы обработки с применением различных абразивных материалов с изменением конструкций струйных аппаратов, расходов сжатого воздуха и долговечности работы инструментальных материалов. Струйноабразивная обработка материала происходит в результате механического воздействия на него в виде резания или царапания твердых абразивных частиц. Механизм такого процесса заключается в послойном удалении материала с обрабатываемой поверхности в виде микростружки. Главным условием абразивной обработки является большая твердость абразивной частицы по сравнению с материалом поверхности. Анализ работ по струйной обработке поверхностей показывает, что на процесс абразивного воздействия влияют очень многие факторы: механические свойства детали и абразивной частицы; давление в струе; температурный режим; качество и шероховатость поверхности; смазочная среда; величина проскальзывания при качении и т.д., что, в конечном счете, влияет на качество обработанной поверхности.

Такая многофакторная зависимость исследуемого процесса представляет существенные затруднения при построении математической модели. Для ее формулировки нужно иметь математическое описание собственно абразивного воздействия в виде набора исходных параметров и ограничений, составляющие модель взаимодействия абразивной струи с обрабатываемой поверхностью.

Изучению взаимосвязи технологических параметров струйной абразивной обработки посвящены многочисленные исследования. В работе [1] предложен оригинальный матричный метод прогнозирования качества обработки, где параметры процесса ударного взаимодействия сведены к множествам: множество характеристик выполняемых операций; множество характеристик обрабатываемого материала; множество характеристик струи;

множество динамических характеристик гидроструйных аппаратов; наличие активизаторов процесса обработки. Однако прогнозировать с высокой точностью результаты обработки без учета характеристик абразивных материалов наполняющих струю невозможно. Кроме того, в работе отсутствуют предложения по расчету производительности обработки.

**Основная часть.** На основании вышеизложенного предлагается ввести новые множества в дополнение к представленным. Несмотря на то, что электромагнитное взаимодействие абразивной частицы с поверхностью происходит за очень малый промежуток времени, нельзя не учитывать процессы, которые при этом происходят. Как показывает практика, многократное действие электромагнитного поля существенно влияет на результат абразивной обработки. Разрушение обрабатываемой поверхности до заданной шероховатости электрической эрозией полимерными материалами приведены в экспериментальных исследованиях. Полимерные материалы заинтересовали технологов как материалы способные накапливать электрические заряды на своих поверхностях и вызывать электрическую эрозию обрабатываемых поверхностей в момент соударения. Это очень важно при обработке тонколистовых деталей, особенно из цветных металлов, когда возникает проблема накопления нежелательных остаточных напряжений, приводящая к короблению заготовок. Явления статической электризации тел в процессе их механического трения известны в различных областях науки и техники. Так, например, установлено электроэрозионное разрушение валов при контакте с резиновыми манжетами, накопление электрического заряда при транспортировке нефтепродуктов. В некоторых диссертационных работах приводились данные о накоплении зарядов при контакте шлифовального круга с обрабатываемой поверхностью.

Но ни в одной из известных работ не приводятся данные о технологической полезности этого явления.

Нами же поставлена цель технологического применения указанного явления. Процесс струйной обработки традиционными абразивными материалами, такими как карбид кремния, электрокорунд достаточно изучен, Процесс формирования микрорельефа представляет собой микрорезание острыми гранями

соударяющихся частиц. На многих схемах показана отдельная частица карбида кремния с острыми гранями. Если традиционные материалы и накапливают статический заряд, то уровень его настолько мал, что из-за утечек и за счет взаимного погашения эффекта электрической эрозии не наблюдается.

Высокий уровень напряженности электростатического поля можно достичь при использовании в качестве наполнителей струи диэлектрических материалов, степень электризации которых зависит от их диэлектрических свойств. Из литературных источников известно, что самыми лучшими диэлектрическими свойствами обладают полимерные материалы, которые и заинтересовали нас ранее как твердые наполнители струи, смягчающие ударное действие при соударении с тонколистовыми деталями.

Анализ литературы и экспериментальных, данных показывает, что электрическое зарядение полимерных диэлектриков, без приложения внешнего электрического поля может происходить как в результате трибоэлектрического эффекта, так и в результате их деформации в момент удара по обрабатываемой детали.

В случае струйной обработки зарядение происходит в результате трения полимерных сфер об эжекционный трубопровод, изготовленный из диэлектрика – резины и в результате трения друг о друга сфер, имеющих разные скорости движения.

Известно, что при трении двух разных диэлектриков из вещества с большей диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  будет переходить больше электронов. Для интенсификации процесса зарядения полимерных сфер об эжекционный трубопровод был проведен анализ и выбор материалов, из которых изготавливают эжекционные трубопроводы. Применение обычной саженной резины не вызывает в полимерных частицах достаточного заряда. Наибольшую диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  имеет вакуумная резина, которая не содержит в качестве наполнителя сажу.

Проведен анализ свойств различных полимерных материалов. Важнейшей характеристикой электризации полимеров является среднеквадратичный полупериод утечки электростатического заряда ( $T_{mrs}$ ), который измеряется в секундах. Считается, что материал плохо электризуется при среднеквадратичном полупериоде утечки 10 сек.

Из представленных исследований можно сделать вывод, что если в качестве наполнителя струи выбрать частицы изготовленные из полистирола, поливинилхлорида и их производных, то эти частицы длительное время сохраняли бы накопленный заряд, который при продолжительной обработке будет суммироваться с зарядами других частиц. Кроме того, полимерные материалы этой группы имеют высокое значение объемного электрического сопротивления  $\rho$  находящееся в диапазоне  $10^{10} - 10^{16}$  Ом·м.

Исследования возможностей применения для обработки материалов полистирольной группы привели к выбору сополимеров стирола, характеризующихся по сравнению, например, с полистиролом лучшими механическими и диэлектрическими свойствами. Соплимеры стирола имеют на 65% большую ударную прочность и на 25% меньшее относительное удлинение, чем у полистирола. Эти данные подтверждаются экспериментально. Стойкость сополимеров к разрушению значительно выше, чем у полистирола, что позволяет использовать их многократно, тем самым снижая расходы на материал для обработки. Диэлектрические свойства сополимеров значительно лучше, чем у полистирола, что позволяет утверждать о большей электризации сополимеров стирола.

Таким образом, в дальнейших исследованиях в качестве наполнителя струи использовались сополимеры стирола, механические и диэлектрические свойства которых удовлетворяют требованиям данного процесса. А в качестве материала эжекционного трубопровода использовалась вакуумная резина.

Таким образом, можно построить следующее множество  $I = \{EP_j; GP_j\}$ , в котором вектор  $IP_i$  определяет наличие электромагнитного взаимодействия абразивной частицы и обрабатываемой поверхности, а вектор  $GP_j$  - связанные с ним геометрические характеристики абразивных зерен:

$$I = \left\{ \begin{array}{cc} IP_1 & GP_1 \\ IP_2 & GP_2 \\ IP_3 & GP_3 \end{array} \right\}, \quad (1)$$

где  $IP_1$  – диэлектрическая проницаемость;  $IP_2$  – среднеквадратический полупериод утечки электрического заряда;  $IP_3$  – статический электрический заряд, накапливающийся на поверхности абразивной частицы;  $GP_1$  – размер и форма абразивной

частицы;  $GP_2$  – зернистость абразивной частицы;  $GP_3$  – распределение абразивных частиц по фракциям.

В свою очередь, компоненты вектора  $F = \{FM_i\}$  являются физико-механическими свойствами абразивного материала:

$$F = \left\{ \begin{array}{c} FM_1 \\ FM_2 \\ FM_3 \\ FM_4 \\ FM_5 \end{array} \right\}, \quad (2)$$

где  $FM_1$  – модуль упругости;  $FM_2$  – коэффициент Пуассона;  $FM_3$  – прочность на срез (ударная прочность);  $FM_4$  – абразивная способность;  $FM_5$  – концентрация абразивной частицы.

Таким образом, благодаря введенным составляющим характеристикам будут возникать новые зависимости с множеством выходных параметров  $Q = \{PP_i; PP_j\}$ , в частности с вектором, характеризующим поверхностную гидроструйную обработку  $PP$ ; со следующими компонентами коэффициентов:

$PP_1$  – геометрические параметры поверхностного слоя ( $PP_{11}$  – параметр шероховатости  $R_a$ ,  $PP_{12}$  – неравномерность  $R_a$ , возникновение волн пластического деформирования поверхности,  $PP_{13}$  – длина опорной площадки);

$PP_2$  – напряженное состояние поверхностного слоя ( $PP_{21}$  – напряжения в приповерхностном слое,  $PP_{22}$  – толщина слоя пластического деформирования,  $PP_{23}$  – наличие микротрещин);

$PP_3$  – характеристики остаточной пленки ( $PP_{31}$  – толщина остаточного слоя,  $PP_{32}$  – неравномерность отделения,  $PP_{33}$  – открытость кристаллов приповерхностного слоя),

$PP_4$  – производительность процесса разрушения.

Возможные комбинации взаимодействия разных условий проведения струйной гидроабразивной обработки с учетом обозначений, принятых в работе [1], и вышеуказанных дополнений представлены на рисунке 1.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований** Дальнейшее определение новых факторов влияния на режимы проведения обработки предопределяет развитие и уточнение сложной математической модели. С появлением новых технических решений определяются необходимые условия и их зависимости для получения

структурно-параметрического описания процесса абразивной обработки с целью получить наиболее приближенную к реальной математическую модель, отражающую опыт проектирования и достижения в области технологии машиностроения.

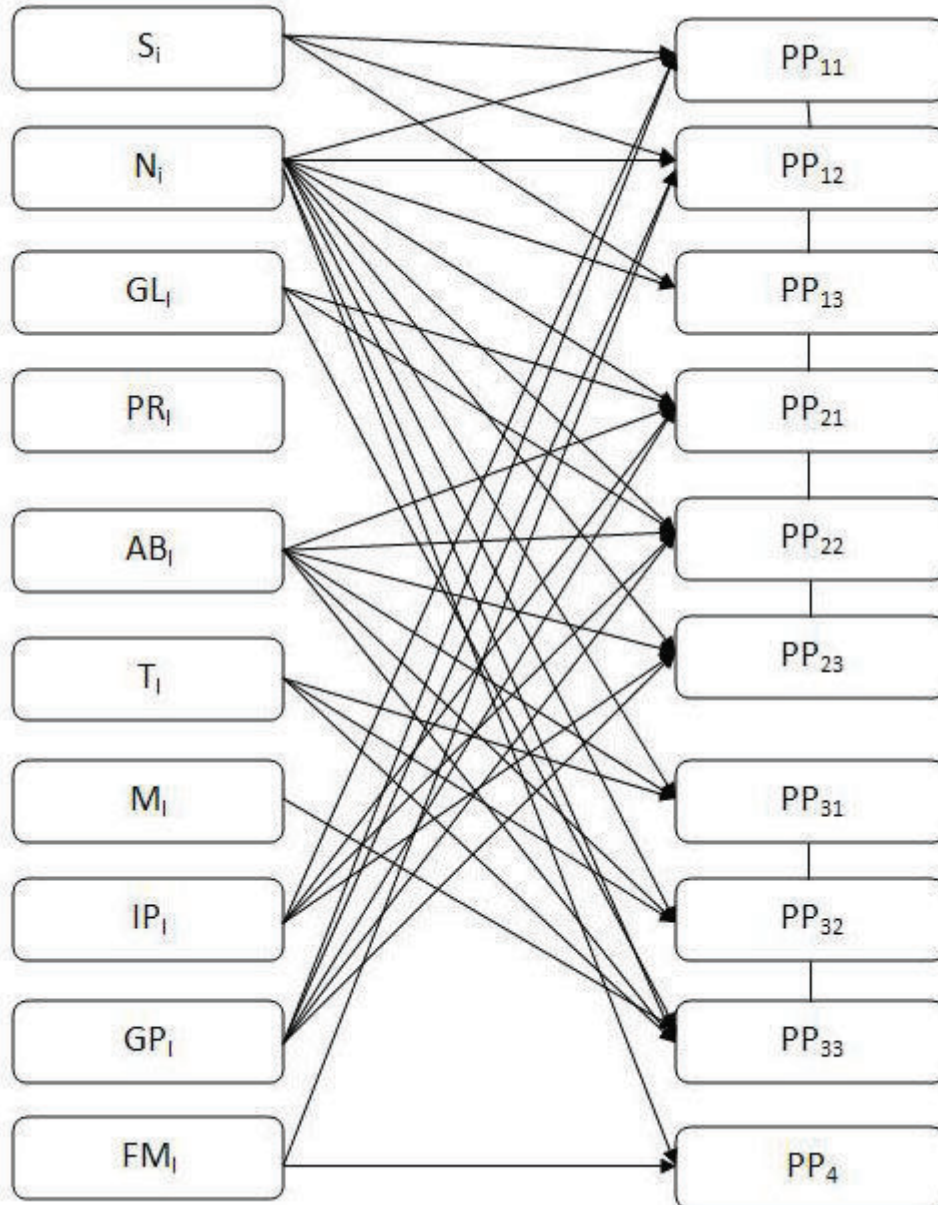


Рисунок 1 – Обеспечение параметров качества и управления при струйноабразивной обработке

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гавриш А.П., Саленко О.Ф. Забезпечення параметрів якості при гидрострумній обробці // Вісті Академії інженерних наук України. Дніпропетровськ, 1998.С.66-79.
2. Проволоцкий А.Е. Струйноабразивная обработка деталей машин. – К.:Тэхника, 1983 – 280 с.

Получено 13.03.2008 г.