

УДК 621.7.02

М.Ю. Куликов, В.Е. Иноземцев, Д.А. Нечаев, Мо Наинг У

ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕЗВИЙНОЙ АНОДНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ЧИСТОВОМ РЕЗАНИИ СИЛУМИНОВ

Описано технологическое решение, обеспечивающее требуемое качество поверхности изделий из алюминиевых сплавов при их механообработке. Предложено использовать метод обработки, представляющий собой комплексное воздействие на обрабатываемую поверхность лезвийного инструмента и гальванических процессов.

Ключевые слова: анодно-механическая обработка, АМО, силумин, шероховатость, режимы резания, эффективность обработки.

В процессе постоянного совершенствования технологий машиностроительной отрасли наблюдается повышение технических требований к качеству продукции, в частности к параметрам деталей, непосредственно участвующих в обеспечении работы ответственных узлов. Создание новых эффективных методов механической обработки обеспечивает достижение требуемых параметров качества получаемых деталей. Одним из перспективных направлений является использование комбинированных методов обработки, включающих в себя традиционные методы с наложением на зону резания дополнительных видов энергии. В современном машиностроении широко используются в качестве конструкционных материалов алюминиевые сплавы. Эти сплавы, особенно силумины, характеризуются пониженной обрабатываемостью, связанной со сложностью обеспечения необходимой шероховатости обработанной поверхности при механической обработке [1; 2]. При этом применение традиционной абразивной обработки затруднено, так как происходит быстрое засаливание абразивного инструмента и частичное оплавление обработанной поверхности.

В настоящее время для повышения эффективности резания достаточно широко используются методы механической обработки с наложением электрического тока на зону резания. Для повышения качества изготовления деталей из алюминиевых сплавов использование и совершенствование комбинированного способа, сочетающего преимущества как лезвийной, так и электрохимической обработки, является перспективным.

Целесообразность развития данных методов обработки подтверждается проведёнными научными экспериментальными исследованиями. В качестве обрабатываемых материалов рассматривались силумины АЛ2, АЛ3. В процессе исследований был проведён ряд экспериментов, представленных лезвийной анодно-механической обработкой (АМО) силуминов. Часть заготовок при этом обрабатывалась с применением смазочно-охлаждающей технологической среды (СОТС) Велс-1М. При АМО в качестве электролита использовался водный раствор NaCl.

Шероховатость поверхности определялась на профилографе-профилометре Hommel Tester T1000 basic, а также на интерференционном микроскопе Zygo NewView 5000. Все операции механообработки осуществлялись на станке 16К20ПФ1.

Лезвийная АМО при тчении представляет собой удаление основной части припуска механическим способом при одновременном анодном растворении металла обрабатываемой поверхности. Анодное окисление способствует формированию окисной плёнки на поверхности обрабатываемой заготовки, подверженной воздействию электролита, что снижает интенсивность протекания гальванического процесса [3; 4]. Шероховатость получаемой поверхности зависит от режимов механической обработки, формирующей предварительную структуру поверхностного слоя, являющуюся базовой для АМО.

При лезвийной АМО наименьшая шероховатость достигается при использовании схемы (рисунок), в которой после резания происходит анодное растворение обрабатываемой поверхности [4].

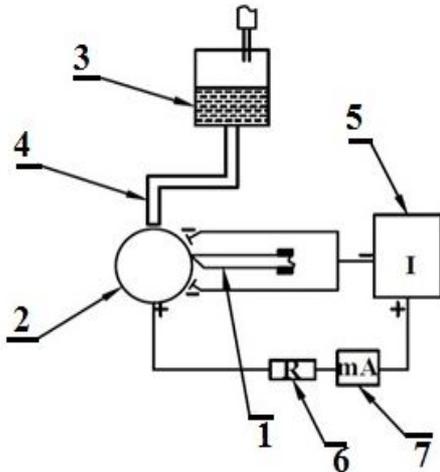


Рис. 1. Принципиальная схема установки для исследования АМО: 1 – режущий инструмент; 2 – заготовка; 3 – электролит; 4 – металлический трубопровод для подачи электролита; 5 – источник питания; 6 – переменный резистор; 7 – микроамперметр

Известно, что образование окислов на обрабатываемой поверхности значительно снижает показатели электрохимической обработки. Особенно это значимо при анодном растворении алюминиевых сплавов, имеющих высокую способность к окислению. Применение данной схемы позволяет получить хороший результат в процессе лезвийной АМО, при которой основной припуск удаляется лезвийным инструментом, а оставшийся – в результате анодного растворения.

Известно большое влияние состава электролита на показатели электрохимической обработки. В качестве электролита использовались водные растворы хлорида натрия и нитрита натрия. Как показали результаты исследования, наиболее эффективным является использование водного раствора хлорида натрия с концентрацией 25–30 %. Проведенные эксперименты показали, что увеличение концентрации раствора хлорида натрия до 30 % способствует уменьшению шероховатости поверхности алюминиевых сплавов [5;6].

Изменение напряжения в электрической цепи при лезвийной АМО также влияет на шероховатость обработанной поверхности. При проведении исследований напряжение в цепи изменялось в диапазоне 12–24 В. Дальнейшее увеличение напряжения приводит к пробоев в межэлектродном зазоре. Увеличение напряжения в цепи способствует снижению шероховатости при АМО.

Кроме того, на шероховатость обработанной поверхности при лезвийной АМО влияет изменение скорости резания. Большое содержание алюминия в образцах исследуемых силуминов (около 87%) способствует увеличению скорости процесса анодного растворения при лезвийной АМО. Поэтому обработка осуществлялась на высоких скоростях при использовании условий травления, позволяющих снизить уровень шероховатости. Минимальная шероховатость поверхности наблюдается при скорости резания в диапазоне 200–250 м/мин. Поверхность имеет шероховатость $R_a < 0,60$ мкм при лезвийной АМО с раствором 30% NaCl и 2% NaNO₃ на скорости 250 м/мин и при напряжении 24 В [6].

Формирование шероховатости обработанной поверхности силуминов при АМО состоит из двух последовательных этапов:

- снятие припуска с помощью лезвийной механической обработки;
- анодное растворение материала.

Математическая модель формирования шероховатости обработанной поверхности силуминов при лезвийной АМО приобретает следующий вид [7]:

$$R_z = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 - h_5,$$

где R_z - средняя высота профиля шероховатости; h_1 - составляющая профиля шероховатости, обусловленная геометрией и кинематикой перемещения рабочей части инструмента; h_2 - составляющая профиля шероховатости, обусловленная колебаниями инструмента относительно обрабатываемой поверхности; h_3 - составляющая профиля шероховатости, обусловленная пластическими деформациями в зоне контакта инструмента и заготовки;

h_4 - составляющая профиля шероховатости, которая обусловлена шероховатостью рабочих поверхностей инструмента; h_5 - величина изменения профиля шероховатости, обусловленная анодным растворением при лезвийной АМО.

В результате статистической обработки данных получена математическая модель формирования шероховатости поверхностного слоя при лезвийной АМО:

$$Ra = \frac{\omega^{0,03} \cdot V^{0,10} \cdot U^{0,08}}{V^{0,05} \cdot U^{0,08}}$$

где Ra - показатель шероховатости, мкм; V - скорость резания, м/мин; ω - концентрация электролита, %; U - напряжение, В.

Также получена математическая модель формирования шероховатости поверхностного слоя при развёртывании и резбонарезании с помощью лезвийной АМО. Принцип лезвийной АМО при развёртывании и резбонарезании несущественно отличается от лезвийной АМО при точении. Особенность данных процессов формирования шероховатости поверхности заключается в ином взаимодействии режущего инструмента с поверхностью заготовки. При развёртывании и резбонарезании кромка режущей части инструмента позволяет получить основные геометрические параметры, а последующий процесс анодного растворения формирует окончательные геометрические параметры обработанной поверхности. При данных операциях электролит подавался в зону обработки в виде струи [5; 6].

Математическая модель уменьшения шероховатости поверхности при лезвийной АМО при развёртывании имеет следующий вид:

$$Ra = \frac{e^{0,154} \cdot \omega^{0,03}}{V^{0,05} \cdot U^{0,35}}$$

Математическая модель уменьшения шероховатости поверхности при лезвийной АМО при резбонарезании имеет вид

$$Ra = \frac{e^{8,3} \cdot \omega^{0,6}}{V^{0,7} \cdot U^{3,85}}$$

Оптимальные условия резания при развёртывании и резбонарезании достигаются следующими значениями факторов: $V = 20$ м/мин, $U = 24$ В, 30 % хлорида натрия с добавлением 2 % нитрида натрия. Ra (развёртывание) = 0,51 мкм, Ra (резбонарезание) = 0,21 мкм. Шероховатость определялась металлографическим микроскопом МИС-11 с помощью метода оптического сечения.

Данная технология обработки является очень удобной благодаря возможности варьирования величин воздействующих факторов, а также низким затратам при внедрении на производстве и её экологической безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов, М.Ю. Влияние электрической активации на качество поверхности при чистовой обработке пластичных материалов / М. Ю. Куликов, В.Е. Иноземцев, Мо Наинг У // Металлообработка. – 2013. - №4. - С.40 – 43.
2. Куликов, М.Ю. Способ улучшения качества поверхностного слоя с помощью комбинированной механо-электрохимической обработки / М.Ю. Куликов, В.Е. Иноземцев, Мо Наинг У // Високі технології в машинобудуванні: сб. науч. тр.- 2012. - № 1. – С.168–170.
3. Иноземцев, В.Е. Исследование влияния условий чистовой обработки на качество поверхностного слоя детали / В.Е. Иноземцев, Мо Наинг У // Материалы и доклады международной научно-технической конференции «Инновационные материалы и технологии: достижения, проблемы, решения». - Комсомольск н/А, 2013. – С.101–104.

4. Kulikov, M. U. Technological method for the finishing process of fusible alloy / M.U. Kulikov, V.E. Inozemtsev, Myo Naing Oo // Precision Machining VII. Selected, peer reviewed papers from the 7th International Congress of Precision Machining (ICPM 2013). - Miskolc, Hungary, 2013. – P. 224–228.
5. Мо Наинг У. Снижение шероховатости поверхности деталей из алюминиевых сплавов путем комбинированного электромеханического способа обработки / Мо Наинг У// Trans – Mech – Art – Chem: тр. X Междунар. науч.–практ. конф. – М.: МИИТ, 2014.
6. Kulikov, M.U. The technological conception of quality assurance in the surface treatment of aluminum and copper alloys / M.U. Kulikov, V.E. Inozemtsev, D.A. Nechaev, Myo Naing Oo// Applied Mechanics and Materials. – 2014. – V. 548–549. - P. 331–335.
7. Сулов, А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А.Г. Сулов. - М.: Машиностроение, 2000. - С. 154.

Материал поступил в редколлегию 10.11.14.