

УДК 621.923

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АМц НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Минина А.О., аспирант кафедры машиностроения, 2 г.о.
Научный руководитель: Максаров В.В., д.т.н., профессор
Санкт-Петербургский горный университет
г. Санкт-Петербург

Аннотация

В данной статье рассмотрен процесс растачивания отверстий в изделиях из алюминиевого сплава марки АМц. Выявлены и проанализированы факторы, оказывающие влияние на образование нароста и шероховатость получаемых поверхностей. В рамках работы исследован способ растачивания отверстий в изделиях из коррозионностойких алюминиевых сплавов.

Выполнено экспериментальное моделирование процесса растачивания отверстий на основе высокочастотного волнового воздействия с применением концентраторов различных форм. Проанализирована работоспособность способа в сравнении со способом, взятым за прототип.

Данное исследование позволяет определить величину затухания звуковых волн в процессе их распространения. Анализ модели показал, что наибольший эффект волнового воздействия был зафиксирован в случае осуществления способа растачивания отверстий в изделиях из коррозионностойких алюминиевых сплавов с применением концентратора конической формы.

Ключевые слова: высокочастотное волновое воздействие, алюминиевые сплавы, наростообразование, растачивание отверстий.

Введение

На данный момент алюминий и его сплавы относят к группе одних из самых применяемых материалов в промышленности. Широкое распространение в таких отраслях, как: машиностроение, электротехническая промышленности, авиастроение и др., данные сплавы получили благодаря их физико-механическим свойствам. Прочностные свойства, коррозионная стойкость и другие свойства позволяют изготавливать большое число различных изделий [1].

Наряду со свойствами, обуславливающими широкое применение данных сплавов, существуют и свойства, которые усложняют изготовление изделий. Так при растачивании отверстий в изделиях из алюминиевого сплава марки АМц происходит образование нароста на режущем инструменте, в виду высокой пластичности материала [2].

Как известно, образование нароста при чистовой обработке носит негативный характер. В процессе обработки нарост изменяет геометрические параметры резца и участвует в резании металла, оказывая влияние на результаты

обработки, силы, действующие на резец и его износ. Также, во время обработки, нарост периодически скалывается, что в результате приводит к образованию надрывов и борозд на обработанной и поверхности резания. В свою очередь, скалывание нароста приводит и к мгновенному изменению глубины резания, вследствие неравномерного отрыва частиц нароста. Как результат, периодически повторяющееся явление скалывания нароста вызывает увеличение шероховатости обработанной поверхности [3,4].

Основная часть

На данный момент существует большое количество различных способов технологического обеспечения качества поверхностей изделий из алюминиевых сплавов. Одними из таких являются способы, основанные на применении высокочастотного воздействия в процессе механической обработки [5,6].

Способ растачивания отверстий в изделиях из коррозионноустойчивых алюминиевых сплавов был разработан на кафедре Машиностроения Санкт-Петербургского горного университета вследствие тщательного исследования проблематики наростообразования на режущем инструменте. Способ предполагает собой процесс высокочастотного волнового воздействия в зоне резания [7].

Способ осуществляется следующим образом. На расточную оправку устанавливаются резец и высокочастотное устройство, представляющее собой последовательно соединенные магнотриксционный преобразователь, концентратор и излучатель. В зависимости от направления схода стружки, регулируется направление вектора высокочастотного волнового воздействия, посредством изменения угла наклона высокочастотного устройства. Также регулировку необходимо выполнить так, чтобы излучатель, установленный на концентраторе, был плотно поджат к приливу на поверхности резца [7].

В процессе применения способа происходит формирование энергии бегущих волн от точки контакта излучателя высокочастотного воздействия с резцом, в направлении зоны резания так, чтобы оно было противоположно направлению схода стружки, что дает возможность снизить вероятность образования нароста при сходе стружки по передней поверхности резца [7,8].

Эксперимент

Применяя способ растачивания отверстий в изделиях из коррозионноустойчивых алюминиевых сплавов необходимо учитывать затухание механических колебаний, т.к. данный фактор прямо влияет на эффективность применяемого способа. Данное явление происходит по ряду причин, к которым можно отнести: рассеяние механических колебаний, ввиду их передачи от концентратора резцу; и снижение амплитуды волны, вследствие увеличения расстояния от источника [9].

Анализ показал, что правильный подбор формы концентратора является одним из способов повышения эффективности применяемого способа, посредством снижения процента затухания механических колебаний. Высокочастотные концентраторы принято разделять на 3 группы в зависимости от их формы: экспоненциальные, конические и ступенчатой форм. Концентраторы ступенчатой формы выполняют как без фланца, так и с фланцем [10-12].

Экспериментальное исследование было проведено с целью определения влияния формы концентратора на процент затухания колебаний при осуществлении способарастачивания отверстий в изделиях из коррозионностойких алюминиевых сплавов. Была разработана 3D модель технологической системы и высокочастотного устройства в программной среде COMSOL. Далее для упрощения визуализации она была переведена в 2D модель. Исследование проводилось при частоте воздействия 20 кГц. В качестве сравнения, была разработана и модель системы, описанной в способе, взятом за прототип.

Исследование подразумевает собой имитационное моделирование распространения волн высокой частоты с применением концентраторов различных форм. Целью является определение максимальной концентрации волновой энергии в зоне резания и процента затухания механических колебаний. Для проведения исследования было задано уравнение синусоидальных колебаний и т.к. мы проводим исследование с 2D моделью, были заданы ограничения по закреплению реза, заготовки, концентратора, а также свойства материалов.

Пять групп исследований были проведены поочередно для каждого концентратора. Результаты фиксировались в диапазоне времени $[0, T_0 \cdot 30]$, с шагом $T_0/20$, где T_0 – период, равный обратному значению частоты колебаний, сек. За эталонным значение скорости волны было принято, максимально достигнутое значение 1 м/с.

В случае применения концентратора ступенчатой формы с фланцем были получены следующие результаты: максимальное значение скорости волны в зоне резания наблюдается на $2,5 \cdot 10^{-4}$ секунде, при этом значение скорости находится в диапазоне 0,16...0,22 м/с. При использовании концентратора ступенчатой формы без фланца, максимальное значение скорости было достигнуто на $1,97 \cdot 10^{-4}$ секунде и находилось в диапазоне 0,15...0,21 м/с.

В результате применения концентраторов конической и экспоненциальной форм были получены более эффективные результаты: в случае осуществления способа растачивания отверстий в изделиях из коррозионностойких алюминиевых сплавов с применением концентратора конической формы, максимальное значение скорости волны в зоне резания наблюдается на $1,7 \cdot 10^{-4}$ секунде, при этом значение скорости находится в диапазоне 0,5...0,6 м/с, а с применением высокочастотного концентратора экспоненциальной формы, максимальное значение скорости волны в зоне резания наблюдается на $9,75 \cdot 10^{-5}$ секунде и находится в диапазоне 0,25...0,32 м/с.

Заключительное исследование проводилось для способа, взятого за прототип при разработке ранее описанного способа. Способ подразумевает собой высокочастотное воздействие в направлении подачи резания, при этом концентратор поджат к боковой поверхности реза.

Анализ показал, что применение данного способа, действительно, позволяет влиять на процесс наростообразования, но при этом происходит увеличение износа реза, т.к. высокочастотное воздействие, направленное в осевом направлении, приводит к увеличению пути, пройденного резцом в процессе обработки, в результате наложения двойной амплитуды колебаний.

Моделирование распространения высокочастотного воздействия для данного способа было проведено с концентратором конической формы и были получены следующие значения: максимальная скорость волны в зоне резания, находящаяся в диапазоне 0,11...0,15 м/с, была достигнута на $1,225 \cdot 10^{-4}$ секунде.

Заключение

Анализ полученных результатов дает понять, что применение определенной формы концентратора дает возможность повлиять на процесс высокочастотного волнового воздействия, путем снижения процента затухания механических колебаний. В результате применения 4 различных форм концентраторов, затухание составляло от 30% до 60%.

Наибольшая эффективность наблюдается в случае применения концентратора конической формы. Данный эффект можно объяснить простотой формы, а также эффектом отражения волны высокой частоты от стенок концентратора. Наименьший эффект был достигнут в результате применения концентраторов ступенчатой формы, что может быть обусловлено рассеянием колебаний на неоднородностях среды, в результате чего уменьшается поток энергии в первоначальном направлении распространения и рассеянием колебаний при переходе в тело резца, в связи с изменением плотности и модуля упругости материала.

Экспериментальное моделирование распространения высокочастотного волнового воздействия в направлении подачи резания, в данном случае показало максимальный процент затухания механических колебаний, равный почти 60%. Данный результат можно объяснить тем, что снижение скорости волны в зоне резания обусловлено, как раз-таки, направлением воздействия. В результате преломления траектории распространения, звуковая волна достигает зоны резания посредством отражения от стенок резца, что повышает процент рассеяния колебаний. Также, рассеяние происходит и по причине большого удаления от источника.

Список литературы:

1. Беляев, А. И. Металловедение алюминия и его сплавов: Справ. изд. 2-е перераб. доп. / А. И. Беляев, О. С. Бочвар, Н. Н. Буйнов и др. – М.: Металлургия, 1983. – 280 с.
2. Каблов, Е. Н. Алюминиевые сплавы в авиакосмической технике / под общ. ред. Е. Н. Каблова. - М.: Наука, 2001. - 192 с.
3. Maksarov V.V. Olt Yu, Keksin A.I., Shcheglova R.A. The use of composite powders in the process of magnetic abrasive treatment of taps to improve the quality of threads in corrosion-resistant steel products // Ferrous Metals. - 2022. - No. 2. - pp.49-55. <https://doi.org/10.17580/chm.2022.02.09>
4. Подураев.В.Н. Обработка резанием с вибрациями. - М.: Машиностроение, 1970. - 352 с.

5. Звук и ультразвук в учебных исследованиях, Майер В.В., Вараксина Е.И., 2012.
6. Ershov D. Y., Lukyanenko I. N. Vibration Amplitude and Frequency Parameters of Technological Equipment Drives / Smart Innovation, Systems and Technologies, № 187, 2020. С 537 - 548.
7. Максаров В.В., Ефимов А.Е., Минин А.О. Способ растачивания отверстий в изделиях из коррозионностойких алюминиевых сплавов. Патент РФ RU 2787289С1.
8. Yuriy L. Zhukovskiy, Nikolay A. Korolev, Yana M. Malkova (2022) Monitoring of grinding condition in drum mills based on resulting shaft torque. Journal of Mining Institute. Vol 256. p. 686-700. DOI: 10.31897/PMI.2022.91
9. Bolobov V.I., Popov G.G. 2021 Methodology for testing pipeline steels for resistance to grooving corrosion. Journal of Mining Institute 252(6) 854–860 <https://doi.org/10.31897/PMI.2021.6.7>
10. Maksarov V. V., Popov M. A. , Zakharova V. P. Influence of magnetic-abrasive machining parameters on ceramic cutting tools for technological quality assurance of precision products from cold-resistant steels / Chernye Metally, № 1, 2023. С 67 - 73 .
11. Yungmeister D.A., Sudarikov S.M., Kireev K.A. Feasibility of type of deep-water technologies for the extraction of marine ferro-manganese nodules // Journal of Mining Institute. 2019. Vol. 235. pp. 88-95. <https://doi.org/10.31897/pmi.2019.1.88>
12. Адмакин М. А., Халимоненко А. Д. , Захарова В. П., Нгуен В. Д. Обрабатываемость резанием маломагнитных высокомарганцовистых сталей / Черные металлы, № 2, Т 1, 2023. С 82 - 87 .
13. Теплякова А. В., Азимов А. М. , Алиева Л. А., Жуков И. А. Обзор и анализ технических решений для повышения долговечности и улучшения технологичности элементов ударных узлов бурильных машин / Горный информационно-аналитический бюллетень, № 9, 2022. С 120 - 132.