

УДК 621.9

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЖИДКОСТНЫХ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ СУСПЕНЗИЙ В ПРОЦЕССЕ СВЕРЛЕНИЯ

Николенко К.В. магистрант гр. мТМ-24, I курс,
Николенко А.В. к.т.н., старший преподаватель
Воронежский государственный технический университет,
г. Воронеж

В процессе сверления высокое тепловыделение на границе раздела инструмент-заготовка значительно влияет на качество обработки и срок службы инструмента. Кроме того, трение, возникающее при механической обработке, оказывает негативное воздействие на заготовку и инструмент. Соответственно, смазка и охлаждение имеют большое значение при процессе сверления. В результате смазочно-охлаждающие жидкости играют ключевую роль в процессах механической обработки, поскольку они обеспечивают надлежащие условия для сверления материала за счет уменьшения трения, улучшения охлаждения и удаления образующейся стружки. Основываясь на литературных источниках, многие исследователи пытались предложить специальные жидкости или методы высокоточной обработки для достижения наилучших результатов.

В связи с этим наножидкости стали рассматриваться как наиболее подходящие материалы для использования в механической обработке. В последние годы эффективность механической обработки в присутствии наножидкостей была исследована в различных условиях экспериментально и численно. Влияние наножидкостей на механическую обработку, изменение свойств смазочно-охлаждающих жидкостей за счет добавления наночастиц, оптимальная скорость обработки с использованием наножидкостей, многоцелевая оптимизация и модификация методов смазки в присутствии наножидкостей – вот некоторые из актуальных направлений исследований в этой области. Благодаря уникальным свойствам наножидкостей [1-3], было проведено множество исследований этих суспензий, и несколько авторов сделали обзор исследований, проведенных с наножидкостями в различных областях [4], таких как теплообменники, микроканалы, солнечная энергетика, охлаждение электроники, материалы с фазовым переходом. Однако, несмотря на то, что было опубликовано много статей об использовании наножидкостей в процессах механической обработки, нет исчерпывающего обзора их применения в области, рассматривающей процессы сверления.

Сверление с целью получения высококачественных отверстий при минимальном износе инструмента имеет большое значение для снижения затрат и оптимального времени цикла. Эффективность смазочно-охлаждающих жидкостей является одним из наиболее важных параметров, влияющих на результат процесса сверления. Большое влияние смазочно-охлаждающих жид-

костей на процесс сверления обусловлено напряженными трибологическими условиями, такими как большие контактные напряжения на границе раздела стружка-инструмент. Фактическая площадь контакта в этих условиях довольно близка к эффективной площади контакта в области границы раздела стружка-инструмент. Пластическая деформация и теплота трения приводят к высокой температуре контакта. Соответственно, механические и химические взаимодействия между обрабатываемой деталью, инструментом и смазочно-охлаждающей жидкостью играют ключевую роль в процессе сверления. Подходящая смазочно-охлаждающая жидкость может регулировать интенсивность контактных взаимодействий в процессе сверления за счет смазки поверхностей раздела стружка-инструмент и инструмент-заготовка, отвода тепла от зоны резания и заготовки и удаления стружки из зоны сверления. Смазочно-охлаждающие жидкости отводят тепло из зоны контакта и уменьшают трение на соответствующих поверхностях соприкосновения, что уменьшает осевое усилие и крутящий момент, снижает температуру инструмента и предотвращает повреждение обрабатываемых поверхностей. Это приводит к улучшению качества отверстий и увеличению срока службы инструментов. Возможность улучшения теплопередачи и смазывания при использовании наножидкостей позволяет использовать смазочно-охлаждающие жидкости для улучшения качества поверхности, срока службы инструмента, а также эффективности сверления.

В процессе сверления инструмент испытывает крутящий момент из-за взаимодействия с обрабатываемой деталью. Этот крутящий момент может вызвать дефекты на инструменте или даже вывести его из строя. Значения крутящего момента при сверлении в ходе испытаний на микросверление были представлены в [5] для различных условий сверления, таких как сухая обработка воздухом, мокрая обработка и метод смазки минимальным количеством (MQL – Minimum Quantity Lubrication [6]). Эти виды сверления сравниваются с соответствующими показателями в обогащенных наночастицами смазочно-охлаждающих жидкостях с точки зрения улучшения параметров обработки. В условиях использования смазки сжатым воздухом сверло откаливало на 87-м отверстии. Для других условий было рассмотрено 150 отверстий, поскольку при сверлении микродрель не сломалась. Очевидно, что обычная смазка MQL и нано-MQL снижают величину крутящего момента по сравнению со смазкой сжатым воздухом. Кроме того, использование наножидкости снижает крутящий момент при сверлении по сравнению с обычными маслами. Чтобы лучше сравнить влияние добавления алмазных наночастиц в базовые масла на крутящий момент при сверлении, Nam и др. [5] изобразили среднюю величину крутящего момента для первых 86 отверстий. Показано, что как обычные, так и нано-MQL снижают крутящий момент при сверлении, в то время как смазка с наножидкостью более эффективна, чем обычные смазки MQL. Действительно, добавление наночастиц улучшает охлаждение и смазку благодаря их эффективному захвату и проникновению в соответствующую область. Очевидно, что алмазные наночастицы должны образом

предотвращают прилипание стружки к микросверлу, а их шарикоподшипниковое воздействие играет ключевую роль в удалении стружки в процессе сверления. Более того, наножидкость при более высокой концентрации демонстрирует лучшие эксплуатационные характеристики.

Некоторые авторы использовали экспериментальные подходы для изучения использования наножидкостей в процессах сверления. В [7] проведены эксперименты с использованием смазочно-охлаждающих жидкостей при экстремальных давлениях с наночастицами алмаза и MoS₂, они позволяют оценить свойства этих жидкостей при обычном сверлении. Эксперименты показали, что наножидкости, содержащие 2-4% наночастиц MoS₂, повышают несущую способность до 16% и значительно снижают транспортировку материала от более гладких шариков из нержавеющей стали к более твердым шарикам из карбида вольфрама. Напротив, наножидкости с 1%-ной концентрацией алмазных наночастиц снижали несущую способность почти 10%. В работе [5] экспериментально оценили особенности процесса микросверления с помощью нано-MQL, содержащие алмазные наночастицы размером 30 нм. Было обнаружено, что применение наножидкости значительно увеличивает количество просверливаемых отверстий и уменьшает силу тяги и крутящий момент при работе по сравнению с обычными методами. Кроме того, при использовании метода нано-MQLенным образом удаляются заусенцы и стружки.

В некоторых исследованиях сравнивались различные методы смазывания при использовании наножидкостей в процессах сверления. Chatha и др. [8] сравнили эффективность различных режимов смазывания, включая сухую, заполненную, чистую MQL и нано-MQL, в отношении износа инструмента, силы резания и шероховатости поверхности при сверлении сплава алюминия. Для этого исследования были выбраны наночастицы оксида алюминия. Результаты показали, что применение метода нано-MQL заметно увеличивает количество просверливаемых отверстий и уменьшает силу тяги и крутящий момент при сверлении по сравнению с другими методами. Кроме того, с помощью наножидкости были успешно удалены заусенцы и сколы, что улучшило качество поверхности отверстий.

Лью и др. [9] провели эмпирическую оценку воздействия углеродных нановолокон наножидкости при сверлении стали. Эффективность сверления определялась на основе шероховатости поверхности отверстий, точности размеров отверстий и образования заусенцев. Кроме того, эффективность сверления наножидкостью сравнивалась с эффективностью сверления чистой водой. Был сделан вывод, что наножидкость улучшает чистоту поверхности и точность отверстий, а также уменьшает образование заусенцев.

Также в [10] показано, что благодаря использованию наножидкости с наночастицами меди шероховатость поверхности образца снизилась на 92% по сравнению с сухим сверлением и на 76% по сравнению с обычным методом MQL.

Исходя из этого обзора, одной из наиболее важных задач в процессах

сверления является обеспечение реологических свойств смазочно-охлаждающих жидкостей в различных условиях, особенно при высоком давлении или высокой температуре. При использовании метода нано-MQL крутящий момент при сверлении и сила тяги значительно снижаются по сравнению с другими методами смазки. Кроме того, использование наножидкости позволяет правильно удалять стружку, улучшая качество просверленных отверстий. Также увеличивается срок службы инструмента за счет уменьшения соответствующего износа.

Список использованной литературы:

1. Макеев А.Н. Проблемы и перспективы использования наножидкостей в теплоэнергетике / А.Н. Макеев, Я.А. Кирюхин // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2022. – № 49 (3). – С. 24–31.
2. Qi C. Natural convection of composite nanofluids based on a two-phase lattice Boltzmann model / C. Qi, J. Tang, G. Wang // J. Therm Anal Calorim. – 2020. – P. 1–11.
3. Porgar S. Application of nanofluids in heat exchangers – A state-of-the-art review / S. Porgar, G. Huminic, A. Huminic, R. Najibolashrafi, S. Salehfekr // International Journal of Thermofluids. – 2024. – V. 24. – P. 100945.
4. Esfe M.H. Application of conventional and hybrid nanofluids in different machining processes: A critical review / M.H. Esfe, M. Bahiraei, A. Mir // Advances in Colloid and Interface Science. – 2020. – P. 1–64.
5. Nam J.S. Experimental characterization of micro-drilling process using nanofluid minimum quantity lubrication / J.S. Nam, P.H. Lee, S.W. Lee // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2011. – V. 51. – P. 649–652.
6. Walker T. A Guide to Machining with Minimum Quantity Lubrication / T. Walker // The MQL Handbook. – 2013. – 43 p.
7. Mosleh M. Performance of cutting nanofluids in tribological testing and conventional drilling / M. Mosleh // Journal of Manufacturing Processes. – 2017. – V. 25. – P. 70–76.
8. Chatha S.S. Performance evaluation of aluminium 6063 drilling under the influence of nanofluid minimum quantity lubrication / S.S. Chatha, A. Pal, T. Singh // Journal of Cleaner Production. – 2016. – V. 137. – P. 537–545.
9. Liew P.J. Investigation of effects of carbon nanofiber nanofluid in drilling of AISI 304 stainless steel / P.J. Liew, M.H. Aini Syahida, S. Ainasyafiqah, S.M. Amri // Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2017. – P. 491–500.
10. Babu M.N. Experimental analysis in drilling of AA 5052 using copper nanofluids under minimum quantity lubrication / M.N. Babu, N. Muthukrishnan // Australian Journal of Mechanical Engineering. – 2018. – P. – 1–10.