

УДК 621.91.01

<https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-1-15-22>

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ПОДАЧИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ НА КОНТАКТНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ СВЕРЛЕНИИ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ 12X18H10T

Э. Л. БЕКИРОВ, Э. Ш. ДЖЕМИЛОВ, Р. Ю. СЕЛЯМЕТОВ

Крымский инженерно-педагогический университет

имени Февзи Якубова, г. Симферополь, Российская Федерация

Рассмотрен процесс обработки глухих отверстий на операциях сверления при обработке нержавеющей стали 12X18H10T. В качестве режущего инструмента использовались спиральные сверла из быстрорежущей стали. Типичными проблемами этого процесса являются затрудненное удаление стружки и подача смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) в зону обработки. Также при удалении стружки по спиральным канавкам она трётся о поверхность отверстия, деформируется и, как следствие, качество поверхности ухудшается. Поэтому была проведена сравнительная оценка влияния различных СОЖ в зависимости от способа их подачи в условиях закрытого резания.

Ключевые слова: сверление, смазочно-охлаждающая жидкость, контактные давления, температура резания, шероховатость поверхности.

Для цитирования. Бекиров, Э. Л. Оценка влияния способа подачи смазочно-охлаждающих жидкостей на контактные процессы при сверлении нержавеющей стали 12X18H10T / Э. Л. Бекиров, Э. Ш. Джемилов, Р. Ю. Селяметов // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2024. – № 1 (96). – С. 15–22. <https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-1-15-22>

ASSESSMENT OF CUTTING FLUIDS SUPPLYING METHOD INFLUENCE ON CONTACT PROCESSES WHEN DRILLING STAINLESS STEEL 12X18H10T

E. L. BEKIROV, E. Sh. DZHEMILOV, R. U. SELYAMETOV

Crimean State Engineering Pedagogical University

named after Fevzi Yuakubov, Simferopol,

the Russian Federation

The authors have considered the process of blind holes processing during drilling operations when processing stainless steel 12X18H10T. Spiral drills made of high-speed steel were used as cutting tools. There are some typical problems in this process such as difficulty of removing chips and cutting fluids supply to the machining zone. One more problem is that while removing chips along spiral grooves, they rub against the surface of the hole and thus become deformed, which results in the deterioration of surface quality. Therefore, a comparative assessment of various coolants influence was carried out depending on the method of their supply under closed cutting conditions.

Keywords: drilling, cutting fluids, contact pressures, cutting temperatures, surface roughness.

For citation. Bekirov E. L., Dzhemilov E. Sh., Selyametov R. U. Assessment of cutting fluids supplying method influence on contact processes when drilling stainless steel 12X18H10T. *Vestnik Gomel'skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni P. O. Sukhogo*, 2024, no. 1 (96), pp. 15–22 (in Russian). <https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-1-15-22>

Введение

Большинство деталей машин, подвергающихся механической обработке, имеют отверстия. Наиболее распространенным методом получения отверстий в сплошном материале является сверление. Этот процесс широко изучен и не представляет

особых трудностей. Точность обработанных отверстий после сверления обычно находится в пределах 13–11 квалитетов, однако технологически можно повысить точность до 9-го квалитета. При обработке корпусных деталей сверление производится на завершающих этапах технологического процесса, поэтому соблюдение требований к качеству получаемых отверстий в детали имеет большое значение.

Сверление глухих отверстий в металлических сплавах часто проводят с подачей смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) в зону обработки. Постоянное удаление стружки и высокие удельные давления в зоне обработки не гарантируют попадания смазочных материалов на границу раздела инструмент–заготовка. Поэтому требуется подбор смазочных материалов с учетом условий протекания процесса резания, современных требований к экологизации производства и способов ее подачи непосредственно в зону стружкообразования.

На данном этапе развития производства наблюдается тенденция к снижению негативных факторов при изготовлении деталей машин, связанных с применением СОЖ на основе нефтепродуктов. Одним из направлений является полный отказ от применения технологических сред и переход к сухому резанию [1–3]. Однако этот метод не пригоден для ряда операций механической обработки и зачастую требует либо применения специального инструмента, либо перехода на высокоскоростную обработку [4–6].

Второй способ снижения негативного воздействия – использование технологии минимального количества смазки [7].

Несмотря на все преимущества MQL, эта технология плохо подходит для процессов, протекающих в условиях закрытого резания, например, сверления глухих отверстий. Постоянное удаление стружки затрудняет попадание небольших доз смазочных материалов в зону обработки.

Третий способ – переход на экологические составы смазок на основе непищевых масел растительного происхождения [8, 9]. Отмечена эффективность биоразлагаемых масел в процессах металлообработки по сравнению с минеральными маслами.

Для качественной оценки процесса сверления необходимо учитывать не только выходные параметры, такие как шероховатость поверхности и стойкость инструмента, но и динамически изменяющиеся показатели контактных давлений и температур.

Цель работы – изучение влияния способов подачи СОЖ на операциях сверления нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т на процессы, протекающие в зоне контакта инструмент–деталь.

Методика проведения экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования проводились на радиально-сверлильном станке модели 2К522. В качестве инструмента использовались спиральные сверла с каналами для внутренней подачи СОЖ из быстрорежущей стали марки Р6М5К5 и аналогичные по параметрам цельные сверла. Сверление проводилось в заготовках из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т. Диаметр сверления составлял 12 мм. Для охлаждения зоны резания были выбраны минеральная водорастворимая СОЖ – Аквафриз-6, масляная СОЖ – МОБИЛМЕТ 423 и подсолнечное масло. Подача жидкостей в зону резания по внутренним каналам инструмента осуществлялась с рабочим давлением 5 атмосфер. Подача СОЖ методом полива осуществлялась с расходом 12 л/мин.

Специально разработанная экспериментальная установка позволяла одновременно регистрировать показания контактных давлений и температуры вдоль обрабатываемой заготовки за один проход инструмента (рис. 1).

Температура резания измерялась при помощи искусственной термопары, спаи которой располагались напротив тензорезисторов латерально образующей цилиндрической заготовки. Спаи термопары были собраны в одну цепь и помещались в предвари-

тельно просверленные отверстия диаметром 0,5 мм на внешней стороне цилиндра с шагом 10 мм от торца заготовки. Технологические отверстия были подготовлены таким образом, что при обработке основного отверстия расстояние от стенки получаемой образующей до спаев термопары составляло 0,25 мм. Для оценки температурных параметров по всей длине образующей цилиндра при сверлении показания, регистрируемые на разных спаях термопары, переключались по мере углубления сверла. Скорость записи данных составляла 50 значений в секунду. Показания температуры выбирались по максимальным значениям, т. е. в момент упругопластической деформации срезаемого слоя припуска. Данный метод не позволяет дать качественную оценку температуры в зоне резания, однако дает возможность представить количественную оценку влияния различных технологических сред.

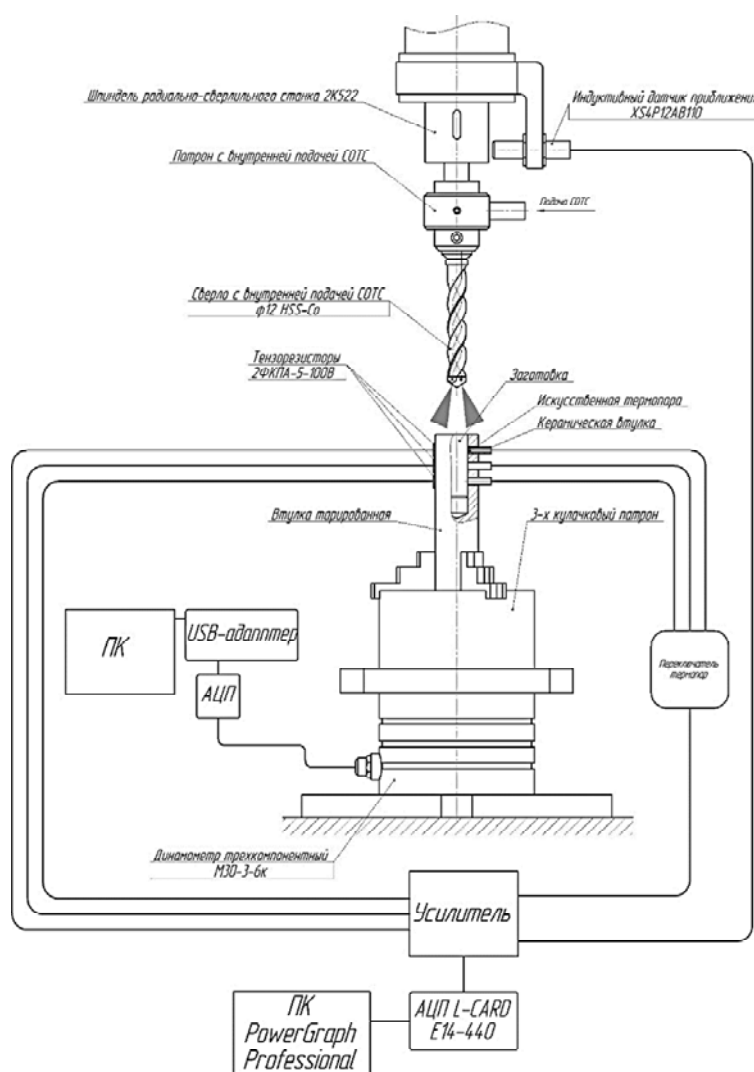


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для регистрации контактных нагрузок и температуры резания

Режимы резания были выбраны по усредненным производственным значениям для обработки двух типов материалов на операциях сверления и составляли: скорость резания – 9,42 м/мин (315 об/мин), подача – 0,056 мм/об.

Значения получаемой шероховатости после сверления измерялись на профилометре модели TR-200.

Результаты экспериментальных исследований

Силовые характеристики процесса резания во многом определяют характер стружкообразования. Эффект влияния СОЖ, используемых в процессе механической обработки, можно оценить именно по силовым показателям процесса резания. Применение метода оценки силовых характеристик с помощью тензорезисторов позволяет оценивать динамически изменяющиеся показатели на деталях любой конфигурации. На рис. 2 приведены усредненные данные после шести измерений на трех тензорезисторах, расположенных по образующей детали.

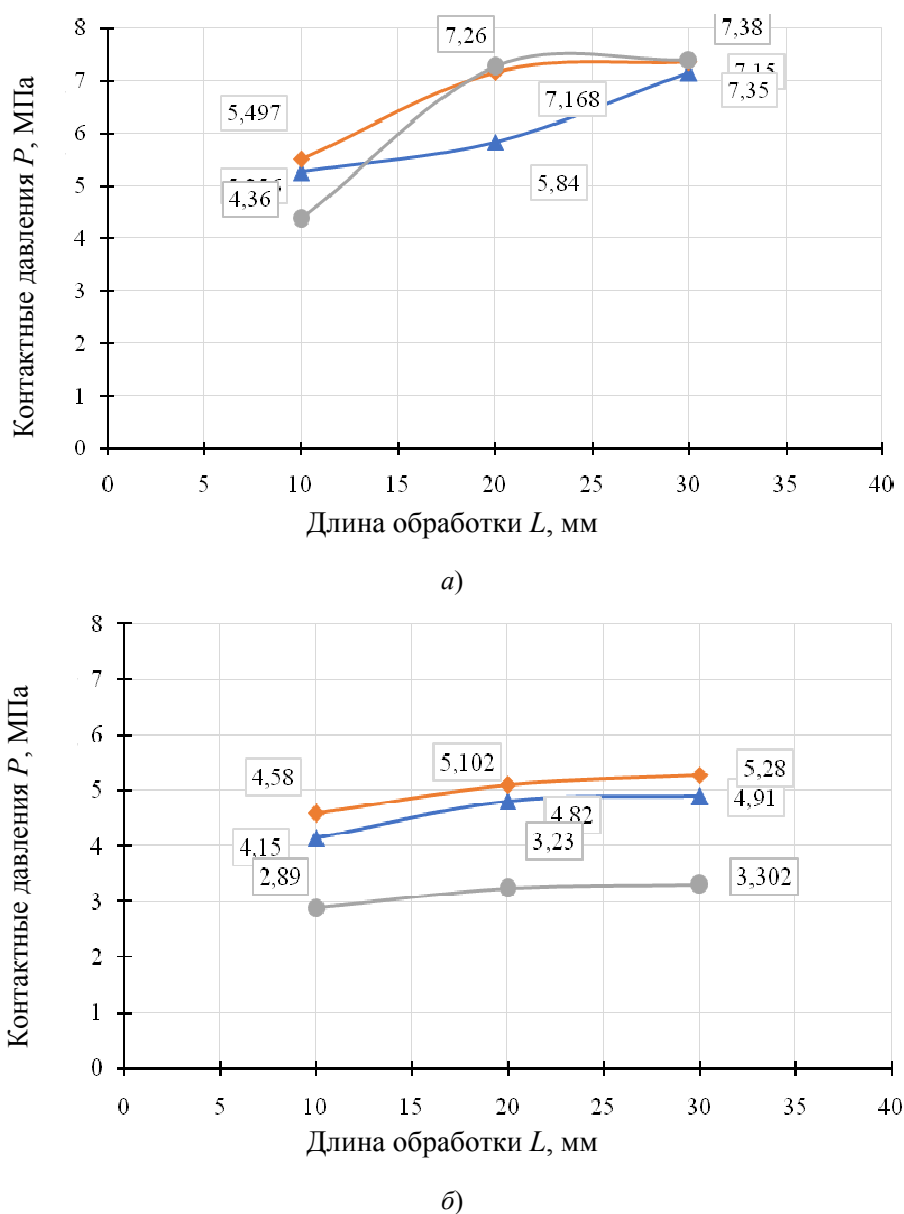


Рис. 2. Изменение контактных давлений по длине образующей заготовки при сверлении стали 12Х18Н10Т с подачей СОЖ:

a – методом полива; b – по внутренним каналам инструмента:

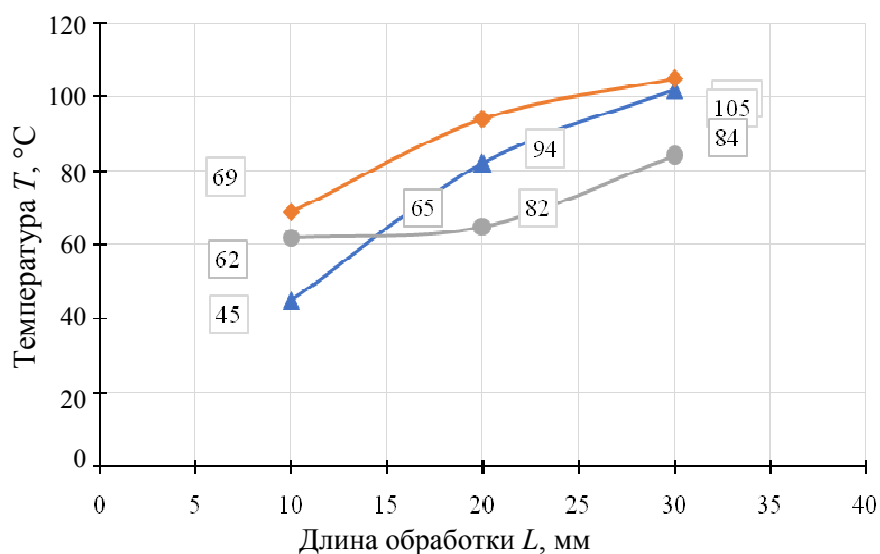
▲ – Аквафрез-6; ● – MOBILNET 423; ◆ – подсолнечное масло

Как видно из графиков, использование подсолнечного масла в качестве технологической среды, подаваемой по внутренним каналам инструмента, приводит к снижению значений контактного давления более чем на 60 % по сравнению с минеральной СОЖ и эмульсией.

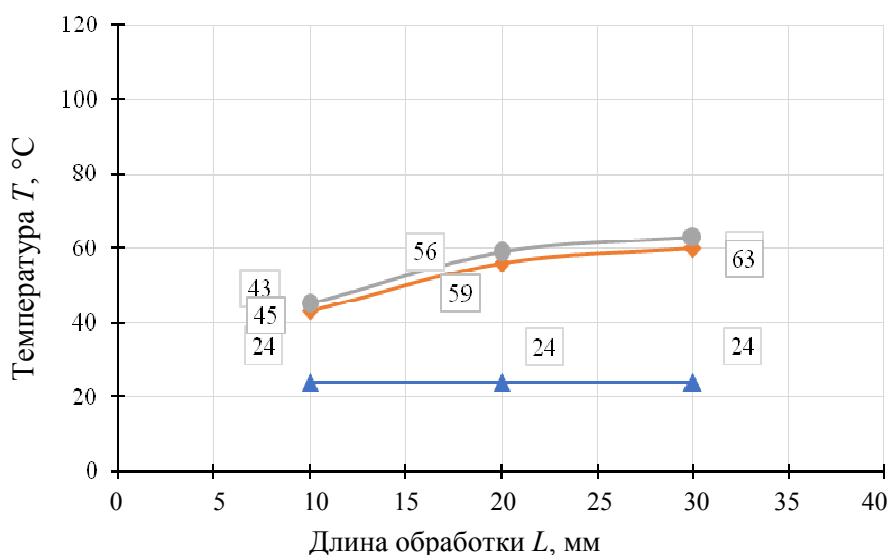
Уменьшение значений контактного давления свидетельствует об уменьшении результирующей силы резания вследствие изменения угла плоскости фактического сдвига стружки.

При использовании метода полива СОЖ из-за деструктуризации жирных кислот под воздействием высоких температур подсолнечное масло теряет смазывающее действие.

Еще одной характеристикой процесса резания, влияющей на срок службы инструмента, является температура в зоне контакта. По предложенному методу проведены измерения и построены графики, показывающие качественные характеристики применяемых смазочно-охлаждающих технологических сред при изменении температуры в зоне контакта. Представленные значения отражают усредненные значения данных после шести измерений (рис. 3).



а)



б)

Рис. 3. Изменение температуры резания по длине образующей заготовки при сверлении стали 12Х18Н10Т с подачей СОЖ:
 а – методом полива; б – по внутренним каналам инструмента:
 ▲ – Аквафриз-6; ● – MOBILNET 423; ◆ – подсолнечное масло

Как видно из графиков, наиболее выраженный эффект охлаждения рабочей зоны обусловлен использованием водосмешивающейся эмульсии. За счет высокого давления происходит активный отвод тепла из зоны резания. Применение масляных смазочно-охлаждающих технологических сред приводит к почти двукратному повышению температуры по сравнению с эмульсией.

Характер графиков указывает на то, что фактическая температура в зоне резания больше 250°C , что превышает температуру дымления масел. При такой температуре и высоких удельных давлениях происходит разрушение углеродных цепей.

Основной характеристикой процесса сверления является качество получаемого отверстия. Для оценки качества осуществлялся контроль шероховатости получаемой поверхности. Измерение профиля производили на трех участках с базовой длиной измерения 4 мм, после чего на гистограммах (рис. 4) были построены усредненные значения среднеарифметического отклонения профиля от средней линии R_a .

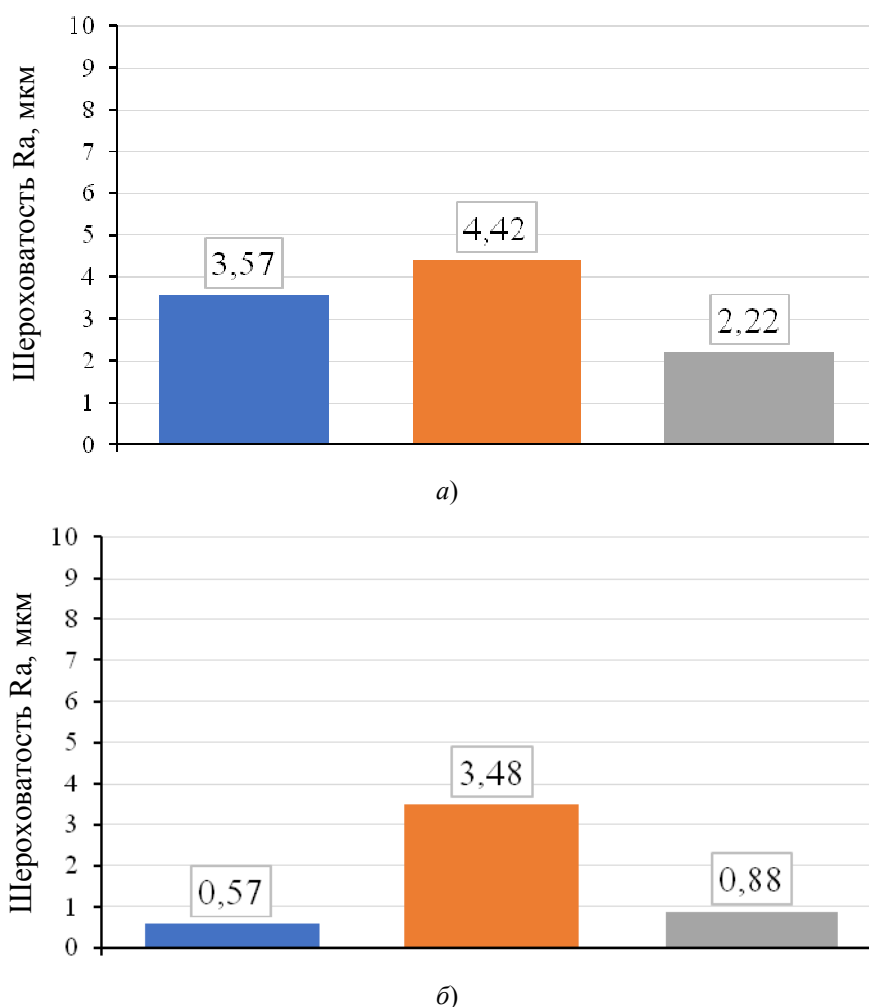


Рис. 4. Влияние СОЖ на шероховатость резания при сверлении нержавеющей стали:

a – методом полива; b – по внутренним каналам инструмента:
■ – Аквафриз-6; ■ – МОБИЛНЕТ 423; ■ – подсолнечное масло

Из гистограмм видно, что наибольшие значения шероховатости поверхности зафиксированы после применения МОБИЛМЕТ 423 на основе минерального масла независимо от метода подачи СОЖ. Использование водосмешиваемой эмульсии Аквафриз-6 за счет активного теплоотвода позволяет сохранить действие входящих

в состав поверхностно-активных веществ, снижающих коэффициент трения удаляемой стружки, и, как следствие, обеспечивает значительное снижение высоты микронеровностей профиля.

Значительное снижение показателя шероховатости при использовании подсолнечного масла можно объяснить наличием в составе масла полярных молекул жирных кислот (олеиновой, линоленовой и др.). Полярные молекулы благодаря своему упорядоченному расположению создают на поверхности инструмента и заготовки пленку, способствующую уменьшению трения.

Подсолнечное масло также содержит около 38 % мононенасыщенных жирных кислот олеиновой кислоты, которая является поверхностно-активным веществом. Из-за высоких значений хемосорбции полярных молекул зона упругопластического контакта смещается в сторону режущей кромки за счет эффекта Ребиндера. В результате происходит уменьшение зоны пластического контакта и изменение характера образования наростов. Это приводит к изменению геометрии переднего угла инструмента. Увеличение значения переднего угла изменяет положение фактической плоскости среза стружки. Все эти факторы способствуют облегчению процесса стружкообразования и, как следствие, снижению значения шероховатости.

Заключение

Процесс сверления глухих отверстий в нержавеющей сталях имеет ряд особенностей, обуславливающих необходимость правильного выбора применяемой смазочно-охлаждающей технологической среды для получения необходимого качества поверхности и увеличения стойкости инструмента. На основании полученных данных можно сделать вывод, что для снижения температуры в зоне резания более рационально использовать водорастворимые эмульсии. Однако высокие значения контактных давлений будут приводить к интенсивному износу инструмента и последующему ухудшению качества поверхности.

Подбор СОЖ должен осуществляться на основе всех параметров процесса обработки. В зависимости от назначаемого вида СОЖ необходимо вносить корректировки в технологический процесс таким образом, чтобы применяемые режимы обработки не способствовали потере ряда свойств технологических жидкостей.

Литература

1. Москвичев, А. А. Тенденции экологически безвредного «сухого резания» металлов / А. А. Москвичев, А. Р. Кварталов // Тр. НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2015. – № 3 (110). – С. 110–116.
2. Кириллов, А. К. Применение системы экологически безопасного сухого резания при обработке конструкционных материалов / А. К. Кириллов // Справочник. Инженер. журн. – 2013. – № 1. – С. 15–20.
3. Прогрессивные технологии машиностроительных производств / С. Н. Григорьев [и др.] // Отд. ст. Гор. информац.-аналит. бюл. (науч.-техн. журн.). – 2011. – № 12. – С. 3–6.
4. Производительная обработка нержавеющей и жаропрочных сплавов / Н. И. Резников [и др.]. – М. : Машгиз, 1960. – 199 с.
5. Бобров, В. Ф. Особенности образования суставчатой и элементной стружек при высокой скорости резания / В. Ф. Бобров, А. И. Сидельников // Вестн. машиностроения. – 1976. – № 7. – С. 61–66.

6. Шелег, В. К. Технологическое обеспечение параметров точности и качества сложнопрофильных деталей при высокоскоростной многокоординатной обработке / В. К. Шелег, А. Ф. Присевок, П. Н. Клавсутъ / Наука и техника. – 2009. – № 5. – С. 22–31.
7. Митрофанов, А. П. Исследование технологии микродозированной подачи смазочных композиций с наночастицами при шлифовании жаропрочного никелевого сплава с дополнительным воздушным охлаждением / А. П. Митрофанов, В. А. Носенко // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. – 2019. – № 4 (21). – С. 6–18.
8. Аметов, И. Э. Эволюция применения растительных масел в качестве смазочно-охлаждающих технологических средств при обработке металлов резанием / И. Э. Аметов, А. И. Алиев, Р. М. Джемалядинов // Ученые зап. крым. инженер.-пед. ун-та им. Ф. Якубова. – 2022. – № 4 (78). – С. 219–219.
9. Матвиевский, Р. М. Повышение экологической чистоты смазочных масел / Р. М. Матвиевский // Трение и износ. – 1994. – Т 15, № 5. – С. 843–848.

References

1. Moskvichev A. A. Trends in environmentally friendly “dry cutting” of metals. *Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva*, 2015, no. 3 (110), pp. 110–116 (in Russian).
2. Kirillov A. K. Application of an environmentally friendly dry cutting system in the processing of structural materials. *Directory. Engineering magazine*, 2013, no. 1, pp. 15–20 (in Russian).
3. Grigoriev S. N. Progressive technologies of mechanical engineering production. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*, 2011, no. 12, 106 p. (in Russian).
4. Reznikov N. I., Reznikov I. G., Zharkov V. M. *Productive processing of stainless and heat-resistant alloys*. Moscow, Mashgiz Publ., 1960. 199 p. (in Russian).
5. Bobrov V. F., Sidelnikov A. I. Features of the formation of jointed and elemental chips at high cutting speeds. *Vestnik mashinostroeniya*, 1976, no. 7, pp. 61–66 (in Russian).
6. Sheleg V. K. Prisevok A. F., Klavsut P. N. Technological support for accuracy and quality parameters of complex-profile parts during high-speed multi-axis machining. *Nauka i tekhnika = Nauka i tehnika*, 2009, no. 5, pp. 22–31 (in Russian).
7. Mitrofanov A. P., Nosenko V. A. Study of the technology of micro-dosed supply of lubricating compositions with nanoparticles when grinding a heat-resistant nickel alloy with additional air cooling. *Obrabotka metallov: tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty*, 2019, no. 4 (21), pp. 6–18 (in Russian).
8. Ametov I. E., Aliev A. I., Dzhemalyadinov R. M. The evolution of the use of vegetable oils as lubricating and cooling technological agents in metal cutting. *Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta im. F. Yakubova*, 2022, no. 4 (78), pp. 219–219 (in Russian).
9. Matvievsky R. M. Increasing the environmental purity of lubricating oils. *Trenie i iznos = Friction and wear*, 1994, vol. 15, no. 5, pp. 843–848 (in Russian).

Поступила 12.12.2023 г.