

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 4 (2023)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/PWGH3542>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,210

Импакт-фактор КазБЦ – 0,406

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Vaigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Lapuerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

***Г. М. Базенов¹, Г. Т. Итыбаева², Ж. К. Мусина³,
С. И. Деревягин⁴, А. Л. Галиновский⁵**

^{1,2,3,4}Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар,

⁵Московский государственный технический университет имени
Н. Э. Баумана, Российская Федерация, г. Москва

*e-mail: straub.pv@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ

В статье показано, каким образом подача при гидроабразивной резке влияет на шероховатость поверхности реза. Резание выполняется смесью воды и абразива, выпускаемых из сопла с высокой скоростью и под высоким давлением. Под действием режущей струи происходит эрозионное разрушение материала, частицы абразива снимают слой микростружки, а вода эвакуирует их из зоны резания.

Методом гидроабразивной резки можно обрабатывать практически любые материалы. Процесс резки – «холодный», отсутствует термическое воздействие на металл. Возможна резка сложной геометрии.

Анализ показал отсутствие зависимостей для прогнозирования шероховатости поверхности реза от основных технологических параметров обработки (давление струи, зернистость, размер, расход абразива, физико-механические параметры материала и т.д.). Технолог на производстве сталкивается с трудностью определения не только шероховатости поверхности реза, но и размеров зоны гладкого и волнистого реза. Отсутствие адекватных теоретических моделей формирования профиля шероховатости не позволяет выполнять оптимизацию процесса резки, с учетом требований заданной шероховатости. Возможность оптимизации процесса резки по заданному значению шероховатости делает возможность практического применения при разработке технологических процессов.

В результате исследований установлено, что шероховатость обработанной поверхности ухудшается с увеличением подачи. При этом ухудшение неравномерно распределено вдоль сечения реза. Для уменьшения ширины волнистого реза необходимо уменьшать значение подачи.

Ключевые слова: гидроабразивная резка, качество поверхности, режимы резания, подача, сопло, режущая головка, расход абразива, эрозионное разрушение металла.

Введение

В машиностроении используются детали различных конфигураций, сложности, с разными требованиями по надежности и точности. Они изготавливаются из металлов и других материалов. Чаще всего это сталь, алюминий, пластик, стекло,

композиты. В крупносерийном производстве детали получают методом штамповки, литья. На современном этапе развития техники и производства необходимы опытные образцы, прототипы, для которых изготовление дорогостоящих штампов или литейных форм нецелесообразно.

Кроме того, в ряде областей промышленности изделие может состоять из множества элементов при единичной применяемости некоторых деталей. Для уменьшения производственных затрат детали изготавливаются методом раскроя (резки) плит различных материалов толщиной от 0,5 до 200 мм с последующей механической обработкой или без нее. Применение фасонных заготовок из толстолистовых материалов позволяет сократить вспомогательное время при обработке на обрабатывающих центрах с ЧПУ за счет упрощения схемы базирования. Как и все технологические процессы, различные методы раскроя имеют достоинства и недостатки. Оптимальный метод обеспечивает наилучшее качество и точность реза при наименьших затратах времени и ресурсов [1].

Существуют механическая, лазерная, плазменная и электроэрозионная резка. Каждый из этих методов эффективен для узкого диапазона задач. Например, при механической резке невозможно получать фигурный профиль заготовки. Лазерная резка эффективна для толщин материала до 20 мм и не может использоваться для обработки композитов, токопроводящих и отражающих свет материалов. Плазменная резка обладает высокой производительностью, позволяет раскраивать металлы толщиной до 300 мм, но качество реза очень грубое, оплаивается кромка реза, образуется грат, точность реза невысокая. Электроэрозионный метод (ЭЭМ) позволяет получать очень качественный и чистый рез, но производительность низкая, а стоимость расходных материалов и оборудования высокая [2–4].

Материалы и методы

Апробация и реализация исследований проводились на базе ООО «Гидроджет» на установке гидроабразивной резки MultiCam WaterJet Systems и Flow Mach 3 1313b с применением инверсного металлографического микроскопа МИМ-1600Б, аналитических весов Sartorius Cubis 225S, а шероховатость поверхности – профилограф-профилометр БВ-7669М.

Для выявления дефектов гидроабразивной резки проводилась серия экспериментов на примере стали 30ХГСА толщиной 30 мм, при постоянном давлении в 400 МПа. Использовался гранатовый абразив зернистостью 80 мкм. Эксперименты проводились при различных подачах 5 мм/мин и 80 мм/мин. Резание производилось на глубину 5 мм, 15 мм и 30 мм.

Экспериментальные исследования процесса гидроабразивной резки проводились на установке 5-ти осевой гидроабразивной резки фирмы «Flow». Установка позволяет обрабатывать практически любые виды материалов, как металлы, так и неметаллы. Наличие 5-ти управляемых координатных осей позволяет обрабатывать не только плоские детали, но и детали со сложной 3D геометрией. Данная установка позволяет разрезать стальные заготовки толщиной до 300 мм. Достоинством данной установки является высокая производительность и надежность [5–6].



Рисунок 1 – Установка гидроабразивной резки фирмы «Flow»

Установка состоит из рабочего стола для крепления заготовок, ванны с водой для гашения струи, режущей головки, на которой установлены смешивающая и фокусирующая трубки. Головка крепится на портале, в месте крепления головки к порталу расположены две управляемые поворотные оси В и С. Портал перемещается по трем линейным координатным осям X, Y, Z. На портале расположено устройство для подачи абразива, который эжекционным способом поступает в смешивающую камеру. Стойка ЧПУ управляет перемещениями рабочих органов, включением выключением подачи абразива, насосом высокого давления. Насос - мультипликатор создает высокое давление воды, которое через трубопровод высокого давления подается в зону резания [5-12].

Таблица 1 – Технические характеристики установки

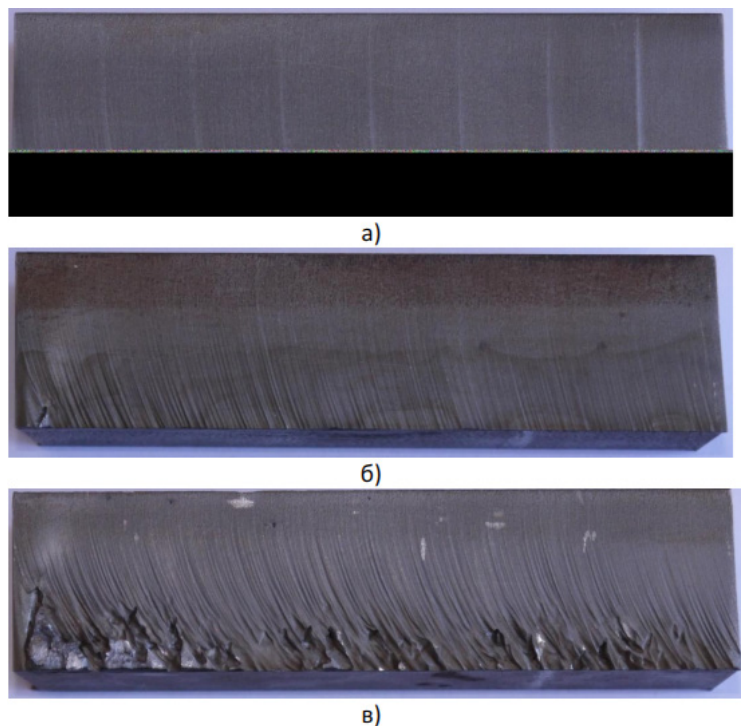
Скорость и точность	
Точность позиционирования	
Линейные оси X, Y, Z	±0.127 мм
Поворотная ось С	±0.5°

Поворотная ось В	±0.5°
Точность позиционирования инструмента в точке	±0.254 мм
Повторяемость	
Линейные оси X, Y, Z	±0.076 мм
Поворотные оси С и В	±0.25°
Точность позиционирования инструмента в точке	±0.152 мм
Скорость перемещений	
Линейные оси X, Y, Z	15.2 м/мин
Поворотные оси С и В	90°сек
Ускоренные перемещения	30.5 м/мин
Пределы перемещений по осям	
Габариты стола	2.4x1.8 м
Ось С	360°
Ось В	180°(±90°)
Ось Z	600 мм
Мощность насоса 7XS-60	30 kW
Максимальный расход воды	3.81 л/мин
Максимальное давление	4150 Бар

Результаты и обсуждение

Получены зависимости определения шероховатости поверхности для характерного участка поверхности реза. Приведены рекомендации, позволяющие снизить число дефектов, возникающих при гидроабразивной резке. Выполнены экспериментальные исследования, подтверждающие адекватность полученных теоретических моделей.

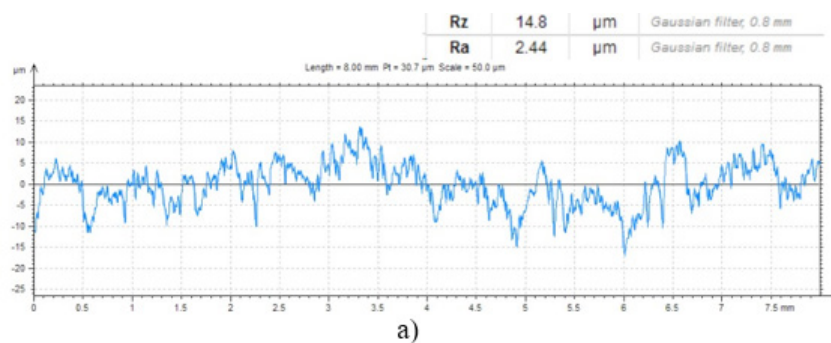
В ходе обработки стали 30ХГСА с твердостью 20HRC подача сопла изменялась в диапазоне от 5 до 120 мм/мин через каждые 15 мм реза.

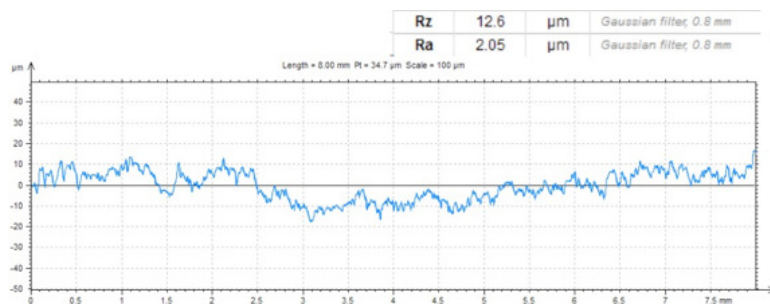


а) подача от 5 до 40 мм/мин, б) подача от 45 до 80 мм/мин,
в) подача от 85 до 120 мм/мин.

Рисунок 2 – Поверхность реза образца из стали 30ХГСА толщиной 30 мм при увеличении подачи (справа налево)

С помощью профилограф-профилометра БВ-7669М были произведены замеры шероховатости поверхности на характерных участках глубины реза. Эксперименты проводились при подаче 5 мм/мин (рисунок 3) и 80 мм/мин (рисунок 4) [13].



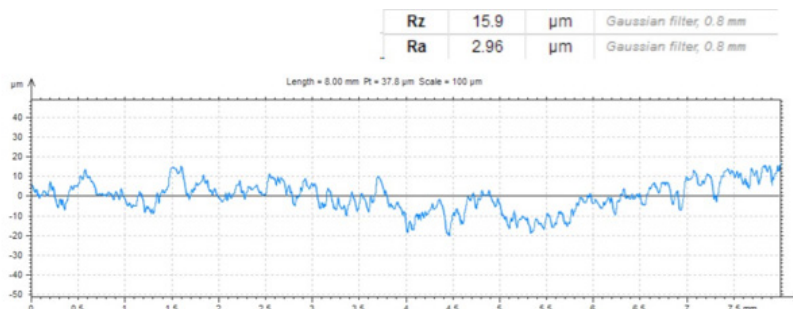


б)



в)

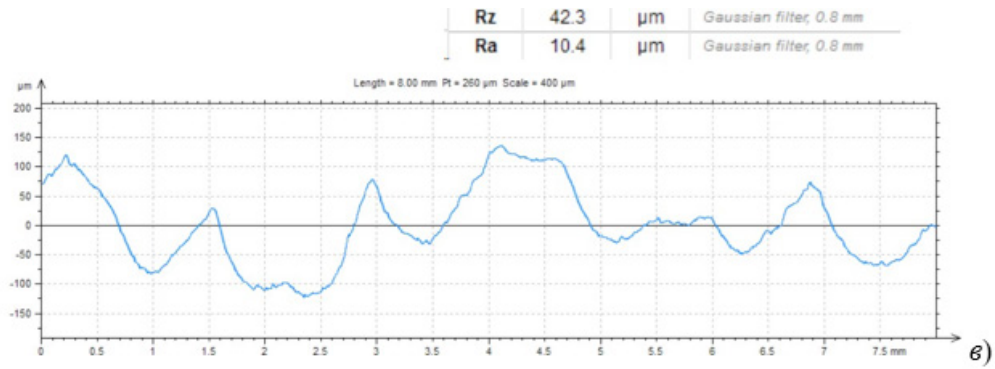
Рисунок 3 – Профилограмма поверхности реза образца из стали 30ХГСА при подаче 5 мм/мин: на глубине реза 5 мм (а); на глубине реза 15 мм (б); на глубине реза 30 мм (в)



а)



б)



в)

Рисунок 4 – Профилограммы поверхности реза образца из стали 30ХГСА при подаче 80 мм/мин: на глубине реза 5 мм (а); на глубине реза 15 мм (б); на глубине реза 30 мм (в)

Обработка профилограмм производилась в специализированном программном обеспечении TalyProfile Lite 7.1.

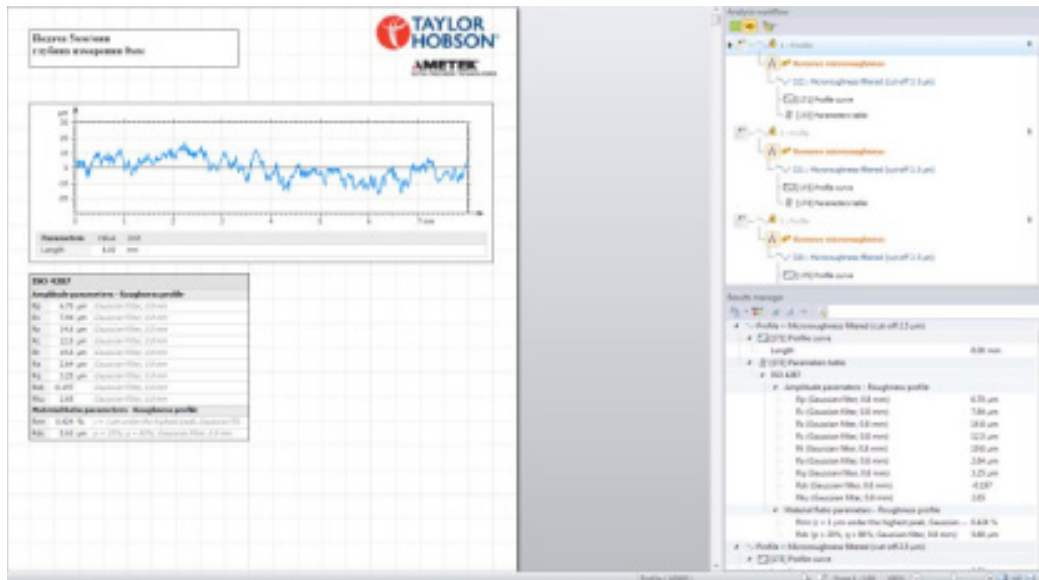


Рисунок 5 – Окно программы TalyProfile Lite 7.1

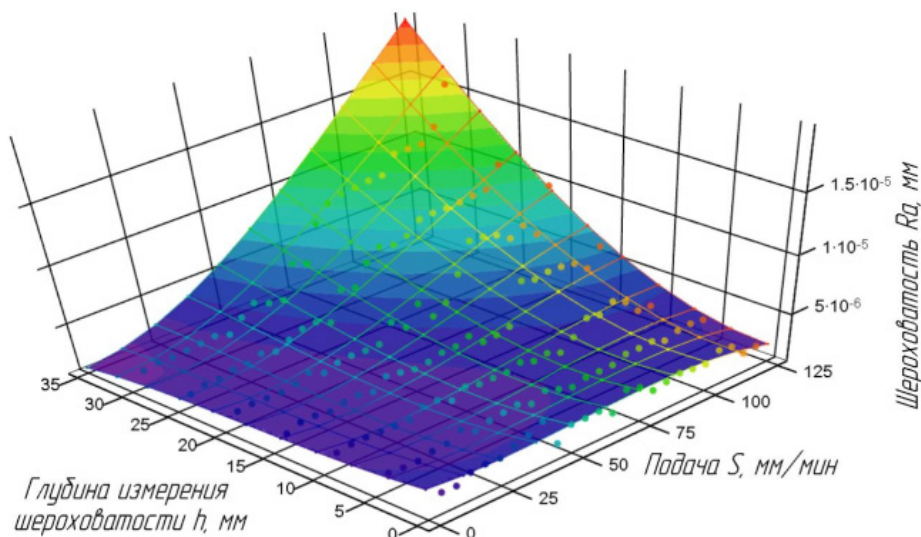


Рисунок 6 – Зависимость шероховатости поверхности на образце из стали 30ХГСА толщиной 30мм, при увеличении подачи и изменении глубины измерения

При скорости 120 мм/мин прекратилось сквозное резание металла, а значит, дальнейшее увеличение подачи не имеет смысла.

В виду того, что шероховатость поверхности ухудшается не только с увеличением подачи, но и увеличении глубины. У вершины реза изменение шероховатости незначительны. С увеличением глубины шероховатость ухудшается.

Итак, при увеличении подачи растет значение шероховатости поверхности. Значение шероховатости изменяется и по сечению реза: у вершины реза поверхность равномерная, к низу реза образуется волнистая поверхность. Это явление связано с тем, что струя теряет режущую способность и отклоняется от начальной траектории в направлении, противоположном направлению подачи.

На основании полученных экспериментальных данных, был произведен регрессионный анализ данных в программе инженерных и научных расчетов MathCad. В результате получены уравнения, по которым возможно производить расчеты шероховатости поверхности реза по соответствующим значениям подачи [11, 14–16].

Графики и уравнения регрессии представлены на рисунках 7–13.

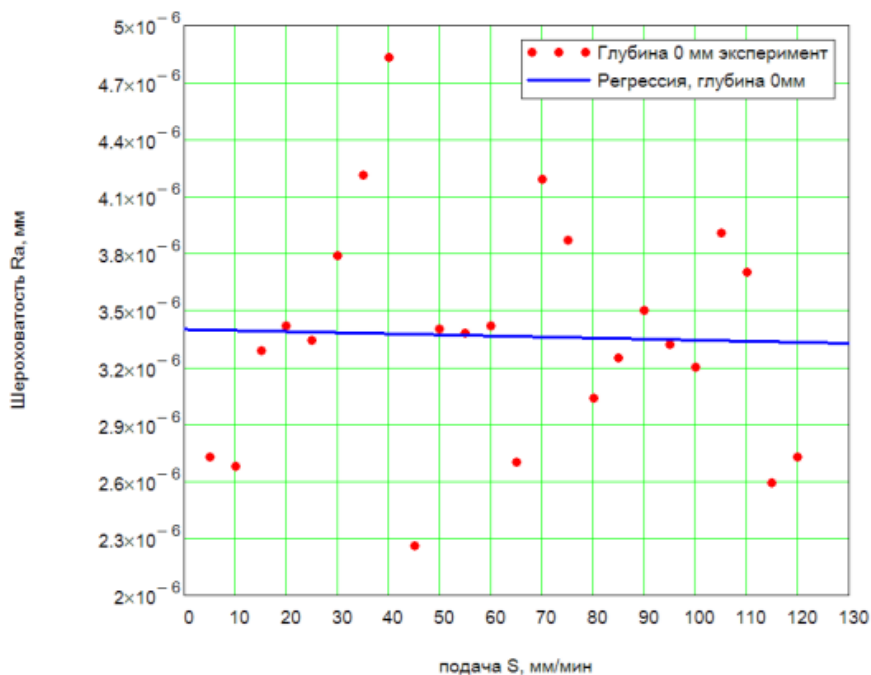


Рисунок 7 – Зависимость шероховатости поверхности реза на вершине реза

Уравнение регрессии:

$$Ra = 3.4 \cdot 10^{-6} - 5.643 \cdot 10^{-10} \cdot S \quad (1)$$

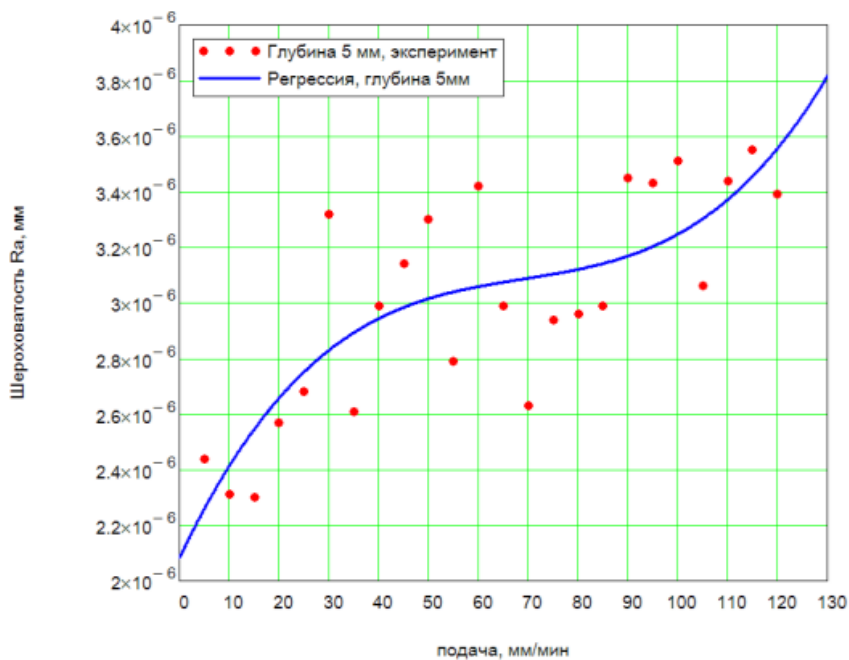


Рисунок 8 – Зависимость шероховатости поверхности реза на глубине 5мм

Уравнение регрессии:

$$Ra = 2.082 \times 10^{-6} + 3.793 \times 10^{-8} \cdot S - 5.081 \times 10^{-10} \cdot S^2 + 2.453 \times 10^{-12} \cdot S^3 \quad (2)$$

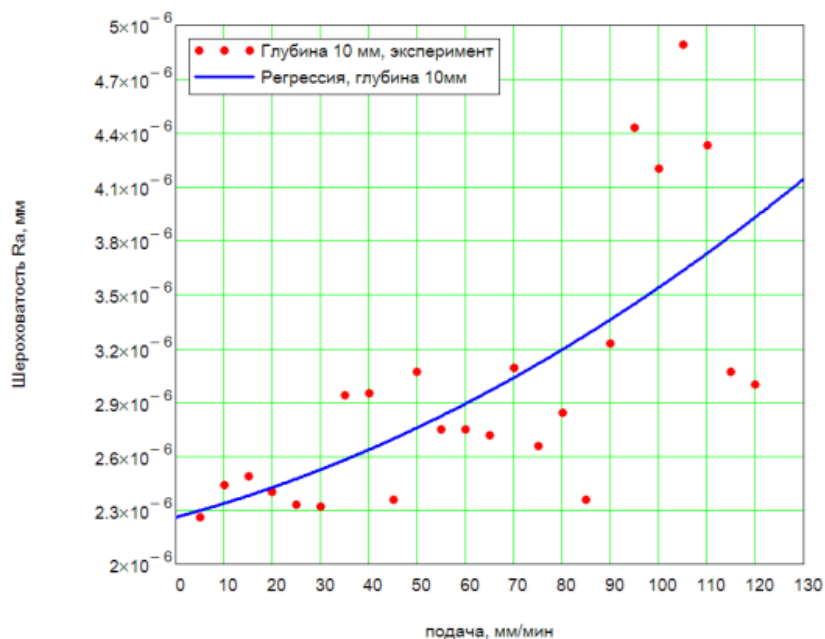


Рисунок 9 – Зависимость шероховатости поверхности реза на глубине 10 мм.

Уравнение регрессии:

$$Ra = 2.261 \times 10^{-6} + 7.15 \times 10^{-9} \cdot S + 5.633 \times 10^{-11} \cdot S^2 \quad (3)$$

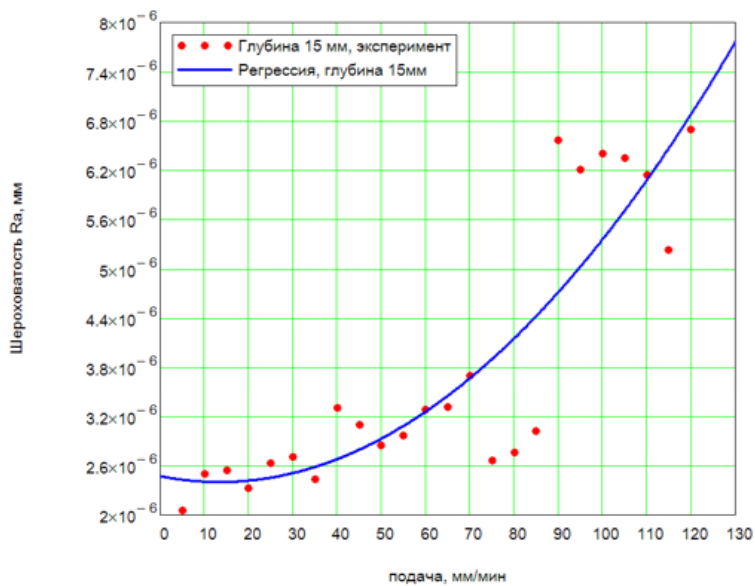


Рисунок 10 – Зависимость шероховатости поверхности реза на глубине 15 мм

Уравнение регрессии:

$$R_a = 2.472 \times 10^{-6} - 1.059 \times 10^{-8} \cdot S + 3.942 \times 10^{-10} \cdot S^2 \quad (4)$$

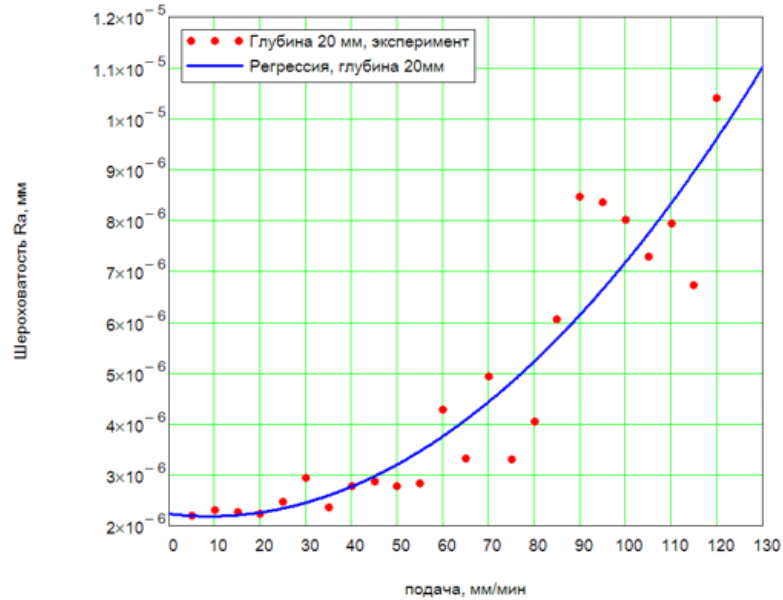


Рисунок 11 – Зависимость шероховатости поверхности реза на глубине 20 мм.

Уравнение регрессии:

$$R_a = 2.234 \times 10^{-6} - 1.075 \times 10^{-8} \cdot S + 6.017 \times 10^{-10} \cdot S^2 \quad (5)$$

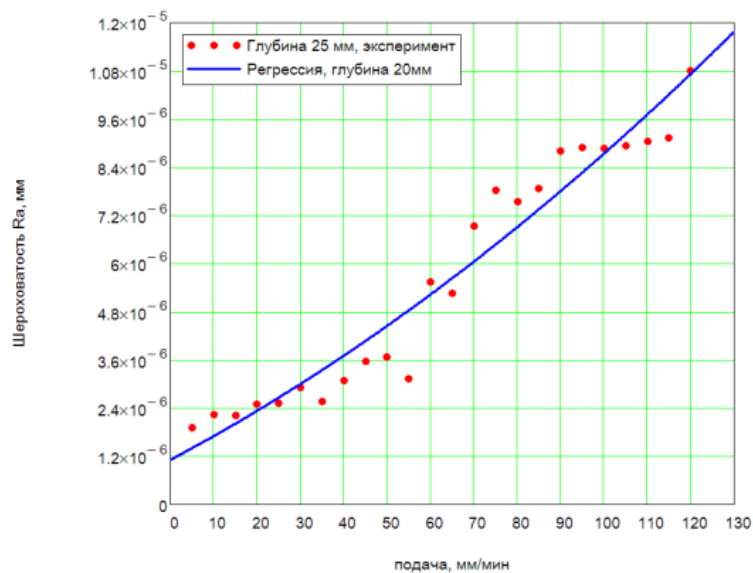


Рисунок 12 – Зависимость шероховатости поверхности реза на глубине 25 мм.

$$Ra = 1.109 \times 10^{-6} + 5.715 \times 10^{-8} \cdot S + 1.912 \times 10^{-10} \cdot S^2 \quad (6)$$

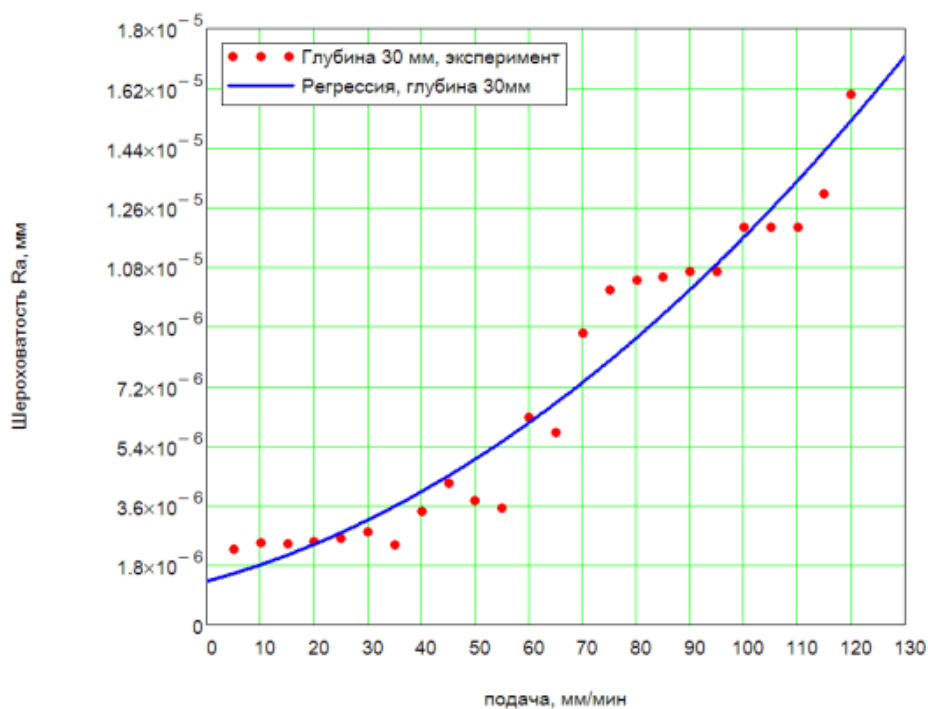


Рисунок 13 – Зависимость шероховатости поверхности реза на глубине 30 мм

$$Ra = 1.315 \times 10^{-6} + 4.342 \times 10^{-8} \cdot S + 6.038 \times 10^{-10} \cdot S^2 \quad (7)$$

Из графиков видно, что у вершины реза изменение шероховатости незначительны. С увеличением глубины шероховатость ухудшается.

Уравнение для нахождения шероховатости поверхности будет иметь вид:

$$Ra = 3.602 \cdot 10^{-6} - 3.225 \cdot 10^{-8} \cdot S - 1.35 \cdot 10^{-7} \cdot h - 1.963 \cdot 10^{-9} \cdot S \cdot h + 2.439 \cdot 10^{-11} \cdot S^2 \cdot h + 9.569 \cdot 10^{-11} \cdot S \cdot h^2 + 8.116 \cdot 10^{-10} \cdot S^2 + 6.191 \cdot 10^{-11} \cdot h^2 - 5.056 \cdot 10^{-12} \cdot S^3 - 1.202 \cdot 10^{-10} \cdot h^3 \quad (8) [3]$$

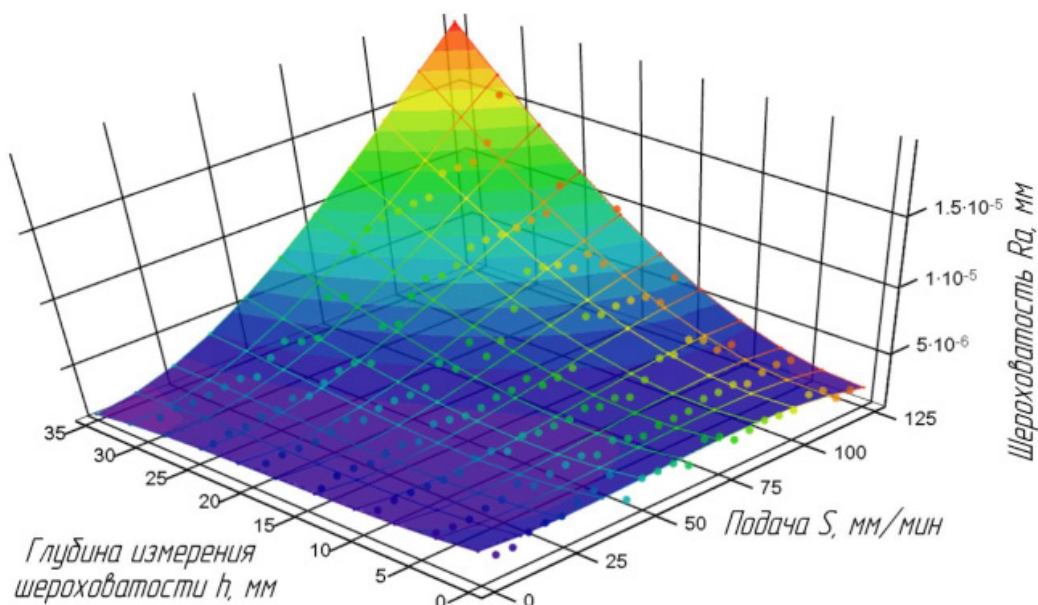


Рисунок 14 – Зависимость шероховатости поверхности на образце из стали 30ХГСА толщиной 30мм, при увеличении подачи и изменении глубины измерения

Выводы

Полученная зависимость применима для определения шероховатости реза. С учетом требований к поверхности детали определяется, требуется ли дальнейшая чистовая обработка поверхности с последующим удалением припуска. При образовании недорезов на внешних и внутренних пересечениях граней детали рекомендуется применять замедление подачи. Во избежание негативных эффектов в месте входа-выхода струи рекомендуется оставлять недорез либо использовать врезание и отвод режущей струи по траектории дуги.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Барзов, А. А., Галиновский, А. Л., Сысоев, Н. Н. Ультразвуковые гидрофизические технологии. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. – 146 с.
- 2 Барсуков, Г. В. Исследование погрешности формы при резании листовых материалов гидроабразивной струей // Сб. тр. Междунар. науч.- техн. конф. «Фундаментальные и прикладные проблемы технологии машиностроения» – «Технология - 2003», 2003 – С. 449–455.
- 3 Шпилев, В. В. Повышение эффективности процесса гидроабразивной резки листовых деталей путем оптимизации режимов обработки и параметров струи рабочей жидкости: . дис. канд. техн. наук: 05.02.08 – Саратов, 2012. – 147 с.
- 4 Тихомиров, Р. А., Петухов, Е. Н., Кравченко, Д. В. Обработка струями абразивной суспензии сверхвысокого давления [Текст] // Актуальные проблемы

повышения качества машиностроительной продукции : Матер. Всерос. науч.-техн. конф., ВлГУ. – Владимир, 1999. – С. 64.

5 Abrasive-Wasserstrahlschneiden-die ideale Ergänzung zum Schneiden verschiedenster Materialien [Текст] : Проспект фирмы Bystronic, 1998. – 10 с.

6 **Ablyaz T. R., Vil'deman V. E., Muratov K. R. et al.** Mechanical Properties of Products after Electric-Discharge Machining // Russian Engineering Research. – 2018. – Vol. 39. – Issue 10. – P. – 892–894.

7 **Dudak N. S., Itybaeva G. T., Musina Zh. K. et al.** A New Pass-Through Lathe Cutter // Russian Engineering Research. – 2014. – Vol. 34. – Issue 11. – P. 705–707.

8 **Zvezdin V. V., Khisamutdinov R. M., Grechishnikov V. A. et al.** Laser Machining of Tool Steels // Russian Engineering Research. – 2018. – Vol. 38. – Issue 12. – P. – 1038–1041.

9 **Mukanov R. B., Kasenov, A. Z., Itybaeva G. T. et al.** Face Turning of Holes // Russian Engineering Research. 2019. – Vol. 39. – Issue 1. – P. – 75–78.

10 **El-Hofy H.** Advanced machining processes. Nontraditional and Hybrid machining processes // The McGraw-Hill Companies. – 2005. – P. 32–46.

11 **Ospantaev M. K.** Geometric parameters of a peakless cutting tool in the instrumental coordinate system // Science and Technology of Kazakhstan. – 2022. – №. 1. – P. 40–51. – [https://doi.org/ 10.48081/VYTH5824](https://doi.org/10.48081/VYTH5824).

12 **Мендалиева, С. И., Косатбекова, Д. Ш., Акулович, Л. М.** Технология и оборудование гидрорезки и гидроабразивной обработки в современном машиностроении // Вестник науки Казахского агротехнического университета имени С. Сейфуллина. – 2016. – №2(89). – С. 144–153.

13 **Галиновский, А. Л., Тарасов, В. А., Елфимов, В. М.** Минимизация технологической себестоимости гидроабразивного резания с учетом стоимостных и технологических параметров процесса обработки // Известия высших учебных заведений «Машиностроение». – 2011. – №4. – С. 46–54.

14 **Степанов, Ю. С., Барсуков, Г. В., Алюшин, Е. Г.** Современные технологии гидро- и гидроабразивной обработки заготовок // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2012. – № 6. – С. 15–20.

15 **Dudak N., Itybaeva G., Kasenov A. et al.** Multi-flute drill-broach for precision machining of holes // Scientia Iranica, 2019. – Vol. 26. – Issue 3. – P. 1415–1426.

16 **Bazenov, G. M.** On the issue of the use of waterjet treatment in modern mechanical engineering // Science and Technology of Kazakhstan. – 2021. – №. 2. – P. 39–47. – [https://doi.org/ 10.48081/BDFH9117](https://doi.org/10.48081/BDFH9117).

Принято к изданию 07.12.23.

REFERENCES

1 **Barzov, A. A., Galinovsky, A. L., Sysoev, N. N. Sy'soev, N. N.** Ul'trastrujny'e gidrofizicheskie tehnologii [Ultra-jet hydrophysical Technologies]. – Moscow : Bauman Moscow State Technical University, 2019. – 146 p.

2 **Barsukov, G. S.** Issledovanie pogreshnosti formy` pri rezanii listovy`x materialov gidroabrazivnoj struej [Studying the error of forms when cutting sheet materials of a hydrazive jet] // Sb. tr. International Scientific.- tech. conf. «Fundamental and applied technological problems of typists» – «Technology-2003». – 2003. – P. 449–455.

3 **Shpilev, V. V.** Povy'shenie e`ffektivnosti processa gidroabrazivnoj rezki listovy`x detalej putem optimizacii rezhimov obrabotki i parametrov strui rabochej zhidkosti : dis. kand. texn. nauk: 05.02.08 [Improving the efficiency of the process of waterjet cutting of sheet parts by optimizing the processing modes and parameters of the working fluid jet : dis. Candidate of Technical Sciences: 05.02.08] / Shpilev Vasily Vladimirovich. – Saratov, 2012. – 147 c.

4 **Tikhomirov, P. A., Petukhov, E. H., Kravchenko, D. V.** Obrabotka struyami abrazivnoj suspenzii sverxvy`sokogo davleniya [Treatment with ultrahigh pressure abrasive suspension jets] [Text] // Actual problems of improving the quality of machine-building products : Mater. Vseros. nauch.-tech. conf., VISU. – Vladimir, 1999. – P. 64.

5 Abrasive-Wasserstrahlschneiden-die ideale Ergänzung zum Schneiden verschiedenster Materialien [Text]. – Bystronic, 1998. – 10 c.

6 **Ablyaz T. R., Vil'deman V. E., Muratov K. R. et al.** Mechanical Properties of Products after Electric-Discharge Machining // Russian Engineering Research. – 2018 – Vol. 39. – Issue 10. – P. 892–894.

7 **Dudak N. S., Itybaeva G. T., Musina Zh. K. et al.** A New Pass-Through Lathe Cutter // Russian Engineering Research, 2014. – Vol. 34. – Issue 11. – P. 705–707.

8 **Zvezdin V. V., Khisamutdinov R. M., Grechishnikov V. A. et al.** Laser Machining of Tool Steels // Russian Engineering Research, 2018. – Vol. 38. – Issue 12. – P. 1038–1041.

9 **Mukanov R. B., Kasenov, A. Z., Itybaeva G. T. et al.** Face Turning of Holes // Russian Engineering Research, 2019. – Vol. 39. – Issue 1. – P. 75–78.

10 **El-Hofy H.** Advanced machining processes. Nontraditional and Hybrid machining processes // The McGraw-Hill Companies. – 2005. – P. 32–46.

11 **Ospantaev M. K.** Geometric parameters of a peakless cutting tool in the instrumental coordinate system // Science and Technology of Kazakhstan. – 2022. – № 1. – P. 40–51. – <https://doi.org/10.48081/VYTH5824>.

12 **Mendalieva S. I., Kosatbekova D. Sh., Akulovich L. M.** Tekhnologiya i oborudovaniye gidrorezki i gidroabrazivnoy obrabotki v sovremennom mashinostroyenii [Technology and equipment for hydrocutting and waterjet processing in modern mechanical engineering] // Bulletin of Science of the Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin. – 2016. – № 2 (89). – P. 144–153.

13 **Galunovsky A. L., Tarasov V. A., Elfimov V. M.** Minimizatsiya tekhnologicheskoy sebestoimosti gidroabrazivnogo rezaniya s uchetom stoimostnykh i

tehnologicheskikh parametrov protsessa obrabotki [Minimization of the technological cost of waterjet cutting taking into account the cost and technological parameters of the processing process] // Izvestia of higher educational institutions «Mechanical Engineering». – 2011. – № 4. – P. 46–54.

14 **Stepanov Yu.S., Barsukov G.V., Alyushin E.G.** Sovremennyye tekhnologii gidro- i gidroabrazivnoy obrabotki zagotovok [Modern technologies for hydro- and hydroabrasive processing of workpieces] High-tech technologies in mechanical engineering. – 2012. – №. 6. – P. 15–20.

15 **Dudak N., Itybaeva G., Kasenov A. et al.** Multi-flute drill-broach for precision machining of holes // Scientia Iranica, 2019 – Vol. 26 – Issue 3 – P. 1415–1426.

16 **Bazenov, G. M.** On the issue of the use of waterjet treatment in modern mechanical engineering // Science and Technology of Kazakhstan. – 2021. – № 2. – p. 39-47. – DOI 10.48081/BDFH9117.

***Г. М. Базенов¹, Г. Т. Итыбаева², Ж. К. Мусина³,
С. И. Деревягин⁴, А. Л. Галиновский⁵**

^{1,2,3,4}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

⁵Н. Е. Бауман атындағы Мәскеу мемлекеттік техникалық университеті,
Ресей Федерациясы, Мәскеу қ.

Басып шығаруға 07.12.23 қабылданды.

ГИДРОАБРАЗИВТІ КЕСУ ПРОЦЕСІН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ

Мақалада гидроабразивті кесу кезінде берістің кесу бетінің кедір-бұдырлығына қалай әсер ететіні көрсетілген. Кесу саптамадан жоғары жылдамдықпен және жоғары қысыммен шығарылатын су мен абразивтің қоспасымен жүзеге асырылады. Кесу ағынының әсерінен материалдың эрозиялық бұзылуы орын алады, Абразив түйіршіктері микрожоңқалы қабатты алып тастайды, ал су оларды кесу аймағынан эвакуациялайды.

Гидроабразивті кесу әдісімен кез-келген материалдарды өңдеуге болады. Кесу процесі» суық», металға термиялық әсер етпейді. Күрделі геометрияны кесуге болады.

Талдау кесу бетінің кедір – бұдырын өңдеудің негізгі технологиялық параметрлеріне (ағын қысымы, түйіршіктілік, өлшем, абразивтің шығыны, материалдың физикалық-механикалық параметрлері және т.б.) болжауға тәуелділіктің жоқтығын көрсетті. Өндірістегі технолог тек кесу бетінің кедір-бұдырын ғана емес, сонымен қатар тегіс және толқынды кесу аймағының мөлшерін де анықтауда қиындықтарға тап болады. Кедір-бұдыр профилін қалыптастырудың барабар теориялық модельдерінің болмауы берілген кедір-бұдыр талаптарын ескере отырып, кесу процесін оңтайландыруға мүмкіндік бермейді. Кедір-бұдырдың берілген мәні бойынша кесу процесін оңтайландыру мүмкіндігі технологиялық процестерді дамытуда практикалық қолдануға мүмкіндік береді.

Кесу бетінің тән бөлігі үшін беттің кедір-бұдырлығын анықтауға тәуелділіктер алынды. Гидроабразивті кесу кезінде пайда болатын

ақаулардың санын азайтуға арналған ұсыныстар берілген. Алынған теориялық модельдердің сәйкестігін растайтын эксперименттік зерттеулер жүргізілді.

Зерттеулер нәтижесінде өңделген беттің кедір-бұдырлығы берудің жоғарылауымен нашарлайтыны анықталды. Бұл жағдайда кесу қимасы бойынша нашарлау біркелкі бөлінбейді. Толқынды кесу еңін азайту үшін беріс мәнін азайту керек.

Кілтті сөздер: гидроабразивті кесу, бетінің сапасы, кесу режимдері, беріс, шүмек, кесу басы, абразивтің шығыны, металдың эрозиялық бұзылуы.

***G. M. Bazhenov¹, G. T. Itybayeva², Zh. K. Mussina³,
S. I. Derevyagin⁴, A. L. Galinovsky⁵**

^{1,2,3,4}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

⁵Moscow State Technical University named after N. E. Bauman,
Russian Federation, Moscow.

Accepted for publication on 07.12.23.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE WATERJET CUTTING PROCESS

The article shows how the feed affects the roughness of the cutting surface during waterjet cutting. Cutting is performed by a mixture of water and abrasive emitted from the nozzle at high speed and under high pressure. Under the action of the cutting jet, erosive destruction of the material occurs, abrasive particles remove a layer of micro-chips, and water evacuates them from the cutting zone.

Waterjet cutting can be used to process almost any materials. The cutting process is «cold», there is no thermal effect on the metal. Cutting of complex geometry is possible.

The analysis showed the absence of dependencies for predicting the roughness of the cutting surface on the main processing parameters (jet pressure, grain size, abrasive consumption, physical and mechanical parameters of the material, etc.). The production technologist faces the difficulty of determining not only the roughness of the cut surface, but also the size of the smooth and wavy cut zone. The lack of adequate theoretical models for the formation of the roughness profile does not allow optimization of the cutting process, taking into account the requirements of a given roughness. The possibility of optimizing the cutting process according to a given roughness value makes it possible for practical application in the development of technological processes.

The dependences of determining the surface roughness for a characteristic section of the cut surface are obtained. Recommendations are given to reduce the number of defects that occur during waterjet cutting. Experimental studies confirming the adequacy of the obtained theoretical models have been carried out.

Discussions and conclusions. As a result of the research, it was found that the roughness of the treated surface worsens with increasing feed. In this case, the deterioration is unevenly distributed along the section of the cut. To reduce the width of the wavy cut, it is necessary to reduce the feed value.

Keywords: waterjet cutting, surface quality, cutting modes, feed, nozzle, cutting head, abrasive consumption, erosive destruction of metal.

Теруге 08.12.23 ж. жіберілді. Басуға 29.12.23 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Mb RAM

Шартты баспа табағы 17,26 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4166

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

nitk.tou.edu.kz