

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

№ 3 (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/GZVJ4547>

**Импакт-фактор РИНЦ – 0,189**

---

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:**

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);  
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);  
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);  
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);  
Magin Laruerta – 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

**G. M. Bazenov<sup>1</sup>, \*G.T. Itybayeva<sup>2</sup>, R. B. Kussainov<sup>3</sup>,  
A. L. Galinovskiy<sup>4</sup>, Zh. K. Mussina<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,5</sup>Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

<sup>4</sup>Bauman Chuvash State University, Russian Federation, Moscow.

\*e-mail: [galia-itibaeva@mail.ru](mailto:galia-itibaeva@mail.ru)

## **STRESS-DEFORMABLE STATE OF GLASS DURING WATERJET CUTTING**

*The most common modern technology for cutting float glass is cutting with cutting wheels, which have a wedge-shaped obtuse cross section and are made of hard alloys. Cutting glass is the creation of a system of cracks. During this, an area of destruction is inevitably formed, consisting of a large number of tiny digs and cracks that occur because of the action of the cutting tool.*

*In the process of waterjet cutting, the depth of surface and lateral cracks increases. In addition, this increases the variation in the depth of the middle cracks. These factors worsen the quality of the cut and increase the likelihood of a split not along the cut. All this results in the necessity to ensure the wheel sharpening angle, pressure and cutting speed that are optimal for the quality of the cut. These optimal values depend on the thickness of the glass and the retained stresses in the glass.*

*The quality of the cut depends on the number and depth of microcracks (especially the middle ones). With a decrease in the angle of sharpening of the wheel, an increase in cutting pressure and speed, the average depth of the median cracks increases, which has a positive effect on the quality of the cut.*

*As a result of the conducted research, optimal parameters of waterjet cutting (treatment) were established, namely, the angle of sharpening of the wheel (110°-160°), cutting pressure (35 N) and speed, which is favorable for the quality of the cut and a reduction in the reject percentage.*

*Keywords: stress-deformable state, glass, waterjet cutting, wheel, sharpening, sharpening angle.*

### **Introduction**

The most common modern technology for cutting float glass is cutting with cutting wheels. The glass cutting wheels have a wedge-shaped obtuse-angle section and are made of hard alloys (mainly based on tungsten carbide). The sharpening angle of the wheel used depends on the thickness of the glass. In this case, the cutting takes place in two stages: first a notch is made, that is a scratch is formed with a chain of cracks appearing under it (usually from edge to edge of a sheet of glass with a straight cut), and then a bending force is applied across the cutting line (splitting). Such glass cutting is not cutting in the ordinary understanding of the word (such as cutting bread), but the creation of microcracks in the glass under the action of a cutting wheel, along which the glass then splits.

Thus, cutting glass is not cutting in the usual sense of the word, but the creation of a system of cracks. In this case, an area of destruction is inevitably formed, consisting of a large number of tiny digs and cracks that occur because of the action of the cutting tool. A thinner trace, contributing to a better separation of the cut surfaces, is obtained using a diamond. Diamond, being the hardest mineral, regardless of whether its natural or polished face touches the glass, is the most suitable tool for cutting glass [1–7].

#### **Materials and methods**

The quality of the cut is influenced by many technological factors – the type and quality of the wheels, the quality of their fixation in the cutting head, the cutting pressure and speed, the brand of cutting fluid and the uniformity of its flow, the type and thickness of the glass, the quality (roughness, presence of scratches, cuts, surface bubbles and stones) and the temperature of its surface, the size of the glass sheets, cutting chart, stress distribution in glass (annealing curve), etc. The quality of the cut depends on the number and depth of microcracks (especially the middle ones). With a decrease in the angle of sharpening of the wheel, an increase in cutting pressure and cutting speed, the average depth of the middle cracks increases, has a positive effect on the quality of the cut [8–14].

Waterjet treatment increases the depth of surface and lateral cracks. In addition, this increases the variation in the depth of the middle cracks. These factors worsen the quality of the cut and increase the likelihood of a split not along the cut. All this results in the necessity to ensure the wheel sharpening angle, pressure and cutting speed that are optimal for the quality of the cut. These optimal values depend on the thickness of the glass and the retained stresses in the glass [15–21].

#### **Results and discussions**

Most manufacturers of cutting equipment give their recommendations on the parameters of cutting various types of glass in the documentation for the equipment. It is also very important to properly fix the wheel in the cutting head: it must rotate freely around its axis, while remaining perpendicular to the plane of the glass. When the wheel slips, a large number of cracks parallel to the surface are formed and the edge of the glass is crumbling. With the inclined position of the wheel, the main crack does not pass perpendicular to the surface of the glass and the cut is also non-perpendicular. If the wheel swings on its axis, then the cut turns out to be intermittent and wavy and therefore the split will be non-linear.

Figures 1, 2 and 3 show the types of glass cuts.

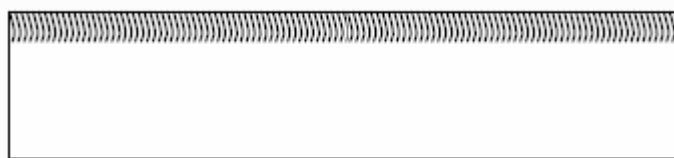


Figure 1 – A clean cut of good quality with small notches



Figure 2 – Poor quality of the cut with noticeable notches and chips



Figure 3 – Very bad cut with notches, chips and a jagged edge

The critical load of microcrack development depends on its depth. When splitting, in the case of large bending loads applied to the cut, it is necessary to ensure a large difference in size between the middle and other cracks. At the same time, the depth of cracks is not too important here, since with large bending loads, the applied load exceeds the critical value for most middle cracks.

As a result, for example, for cutting glass of large thickness, it is necessary to select cutting parameters in such a way as to reduce the number of surface and lateral cracks, even at the expense of a general reduction in the size of all cracks, including the «useful» middle ones. For this reason, for cutting heavy thickness glasses, equipment manufacturers recommend wheels with a high sharpening angle. Depending on the thickness of the glass and the equipment used, wheels with a sharpening angle from 110° (for thin glass) to 165° (for thick glass) are used. For example, Bottero company recommends using the following wheels for its cutting tables, depending on the thickness of the glass: 4–6 mm – 145°, 8–19 mm – 155°, 25 mm – 160°. When increasing the thickness of the glass, it is also recommended to increase the cutting pressure and reduce its speed.

The recommendations of Bohle company on the choice of the angle of sharpening of the wheel for rectangular cutting of float glass are given in Table 1.

Table 1 – Recommended sharpening angles of the wheel (diameter 5 mm)

Glass thickness	Sharpening angle
0.8-1.0 mm	110°
1.0-2.0 mm	120°
2.0-3.0 mm	130°
3.0-4.0 mm	135°
4.0-10.0 mm	140°
5.0-12.0 mm	145°
8.0-15.0 mm	150°
10.0-20.0 mm	155°
20.0-25.0 mm	160°

Figure 4 shows the distribution of stresses created by the wheel over the thickness of the glass.

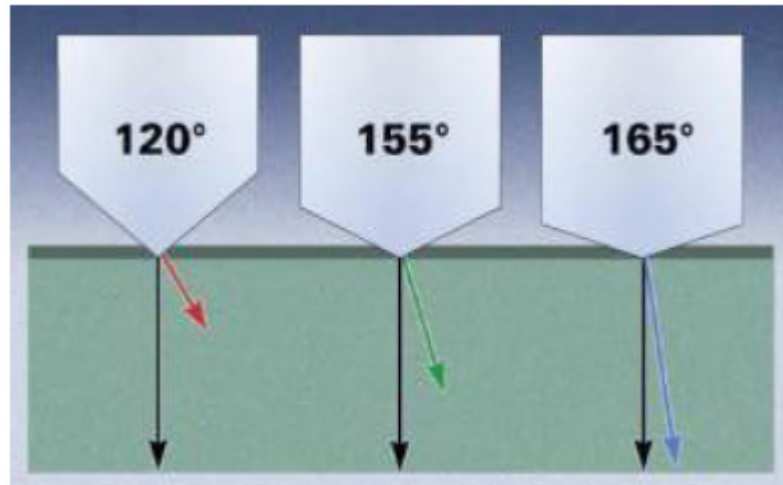


Figure 4 – Distribution of stresses created by the wheel over the thickness of the glass

Figure 5 shows the stress distribution in the glass after cutting.

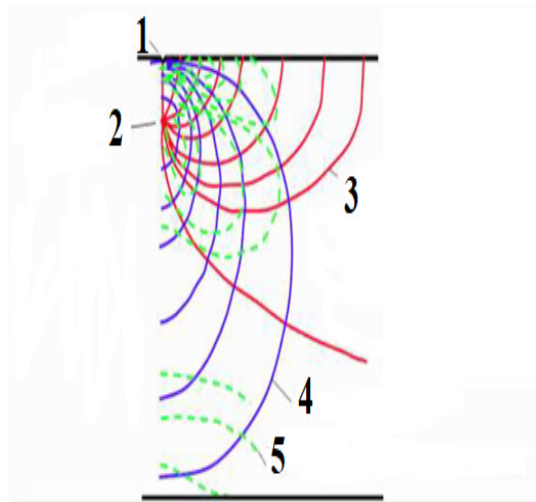


Figure 5 – Stress distribution in glass  
1 – cutting depth; 2 – pressure depth; 3 – tensile stress;  
4 – compressive stress; 5 – reduced tensile stress

The wheel force is the most important cutting parameter. Figure 6 shows photographs (in polarized light) of the edge of the glass. Cutting was performed with wheels with the same sharpening angle ( $135^\circ$ ), but at different pressures: 35 N, 100 N and 35 N (photo 30 minutes after cutting).

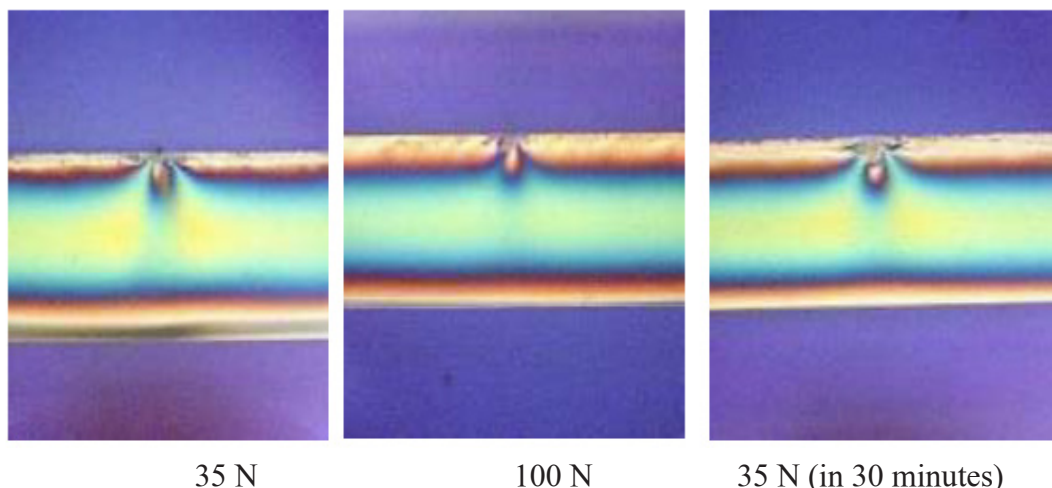


Figure 6 – Stress distribution in glass

### Conclusions

As a result of the conducted research, optimal parameters of waterjet cutting (treatment) were established, namely, the angle of sharpening of the wheel ( $110^{\circ}$ - $160^{\circ}$ ), cutting pressure (35 N) and speed, which is favorable for the quality of the cut and a reduction in the reject percentage.

### REFERENCES

- 1 **Popelyukh, A. I., Tyurin, A. G., Plotnikova, N. V.** Promising methods of material processing: Textbook– Chelyabinsk: SUSU Publishing House, 2014. – P. 49.
- 2 **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.
- 3 **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.
- 4 **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.
- 5 **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.
- 6 **El-Hofy, H.** Advanced machining processes. Nontraditional and Hybrid machining processes // The McGraw-Hill Companies. – 2005. – P. 32–46.
- 7 **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. – DOI 10.48081/VYTH5824.
- 8 **Mendaliyeva, S. I., Kossatbekova, D. Sh., Akulovich, L. M.** Technology and equipment of hydraulic cutting and waterjet treatment in modern mechanical engineering

// Bulletin of Science of the Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin. – 2016. – № 2 (89). – P. 144–153.

9 **Galinovsky, A. L., Tarasov, V. A., Elfimov, V. M.** Minimization of the technological cost of waterjet cutting taking into account the cost and technological parameters of the treatment process // News of higher educational institutions «Mechanical Engineering». – 2011. – № 4. – P. 46–54.

10 **Stepanova, E. Yu., Kozhus, O. G., Barsukov, G. V.** Innovative cutting technologies with supersonic liquid jet: economy, market, state and prospects of development // Bulletin of the Bryansk State Technical University. – 2017. – № 1 (54). – P. 243–253.

11 **Stepanov, Yu. S., Barsukov, G. V., Alyushin, E. G.** Modern technologies of hydro- and hydroabrasive processing of workpieces // Science-driven technologies in mechanical engineering. – 2012. – № 6. – P. 15–20.

12 **Tikhonov, A. A.** Improving the efficiency of the process of waterjet treatment: dissertation, Candidate of Technical Sciences. Rostov-on-Don. 2011. – P. 156.

13 **Verchenko, A. V., Tamarkin, M. A., Kishko, A. A.** Research of the roughness of the cut surface in case of waterjet cutting // Advanced Engineering Research. 2017. – № 2 (89). – P. 116–130.

14 **Smirnov, M. I., Spiridonov, Yu. A., Karapetyan, A. R.** Modern technologies of sheet glass cutting // Glass and ceramics. – 2011 – № 1 – P. 6–10.

15 **Galinovskiy, A. L., Izotov, N. A.** An experimental study of hydroerosion of surface of a chill metal under the influence of an abrasive-liquid ultra-jet // AIP Conference Proceedings, 2021 – Vol. 2318. – Art. No 150013.

16 **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.

17 **Popov, V., Yanyushkin, A., Arkhipov, P.** Combined electric diamond grinding of materials prone to adhesive diffusive interaction // Materials Today: Proceedings this link is disabled, 2019 – № 11 – P. 36–41.

18 **Shpilev, V. V.** Improving the efficiency of the process of waterjet cutting of sheet parts by optimizing the processing modes and parameters of the working fluid jet: dissertation, Candidate of Technical Sciences. Saratov, 2012. – P. 147.

19 **Kasenov, A.** Precision of hole processing by reamer-broaching // Science and Technology of Kazakhstan. – 2023. – № 1. – P. 28–36. – DOI 10.48081/MSMF5347

20 **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

Material received on 22.07.23.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Попелюх, А. И., Тюрин, А. Г., Плотникова, Н. В. Перспективные способы обработки материалов: Учебное пособие – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2014. – 49 с.
- 2 **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.
- 3 **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.
- 4 **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.
- 5 **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.
- 6 **El-Hofy, H.** Advanced machining processes. Nontraditional and Hybrid machining processes // The McGraw-Hill Companies. – 2005. – P. 32–46.
- 7 **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. – DOI 10.48081/VYTH5824.
- 8 **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.
- 9 **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.
- 10 **Степанова, Е. Ю., Кожус, О. Г., Барсуков, Г. В.** Инновационные технологии резания сверхзвуковой струей жидкости: экономика, рынок, состояние и перспективы развития // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2017. – № 1 (54). – С. 243–253.
- 11 **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.
- 12 **Тихонов, А. А.** Повышение эффективности процесса гидроабразивной обработки: дис. кандидат технических наук. Ростов-на-Дону. 2011. – 156 с.
- 13 **Верченко, А. В., Тамаркин, М. А., Кишко, А. А.** Исследование шероховатости поверхности реза при гидроабразивной резке // Advanced Engineering Research. 2017. – № 2 (89). – С. 116–130.
- 14 **Смирнов, М. И., Спиридонов, Ю. А., Карапетян, А. Р.** Современные технологии резки листового стекла // Стекло и керамика. – 2011 – №1 – С. 6–10.

15 Galinovskiy, A. L., Izotov, N. A. An experimental study of hydroerosion of surface of a chill metal under the influence of an abrasive-liquid ultra-jet // AIP Conference Proceedings, 2021 – Vol. 2318. – Art.no 150013.

16 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.

17 Popov, V., Yanyushkin, A., Arkhipov, P. Combined electric diamond grinding of materials prone to adhesive diffusive interaction // Materials Today: Proceedingsthis link is disabled, 2019 – № 11 – P. 36–41.

18 Шпилев, В. В. Повышение эффективности процесса гидроабразивной резки листовых деталей путем оптимизации режимов обработки и параметров струи рабочей жидкости: дис. канд. техн. наук. Саратов, 2012. – 147 с.

19 Kasenov, A. Precision of hole processing by reamer-broaching // Science and Technology of Kazakhstan. – 2023. – № 1. – P. 28–36. – DOI 10.48081/MSMF5347.

20 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. Базенов<sup>1</sup>, \*Г. Т. Итыбаева<sup>2</sup>, Р. Б. Кусаинов<sup>3</sup>,  
А. Л. Галиновский<sup>4</sup>, Ж. К. Мусина<sup>5</sup>*

<sup>1,2,3,5</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;

<sup>4</sup>Н. Э. Бауман атындағы Мәскеу мемлекеттік техникалық университеті, Ресей Федерациясы, Мәскеу қ.

Материал 22.07.23 баспаға түсті.

## **ГИДРОАБРАЗИВТІ КЕСУ КЕЗІНДЕГІ ШЫНЫНЫҢ КЕРНЕУ-ДЕФОРМАЦИЯЛАУ КҮЙІ**

*Флоат шыныларды кесудің ең кең таралған заманауи технологиясы-сына тәрізді догал қимасы бар және қатты қорытпалардан жасалған кескіш роликтермен кесу. Шыны кесу-бұл жарықтар жүйесін құру. Бұл жағдайда кесу құралының әсерінен пайда болатын көптеген ұсақ сынықтар мен жарықтардан тұратын жойылу аймағы сөзсіз қалыптасады.*

*Гидроабразивті өңдеу кезінде беткі және бүйірлік жарықтардың тереңдігі артады. Сонымен қатар, бұл ортаңғы жарықтардың тереңдігі бойынша таралуды арттырады. Бұл факторлар кесу сапасын нашарлатады және кесілмеген ақаулардың ықтималдығын арттырады. Мұның бәрі роликті қайрау бұрышының, қысымның және кесу жылдамдығының кесу сапасы үшін оңтайлы мәндерін қажет етеді. Бұл оңтайлы мәндер шыны қалыңдығына және шыныдағы қалдық кернеулерге байланысты.*

*Кесу сапасы микрожарықтардың саны мен тереңдігіне байланысты (әсіресе орташалар). Роликтің қайрау бұрышы азайған кезде, қысым және кесу жылдамдығы жоғарылағанда, ортаңғы жарықтардың орташа тереңдігі артады, бұл кесу сапасына оң әсер етеді.*

*Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде гидроабразивті кесудің (өңдеудің) оңтайлы параметрлері анықталды, атап айтқанда роликті қайрау бұрышы*

*(110°-160°), қысым (35Н) және кесу жылдамдығы, бұл кесу сапасына және ақау пайызының төмендеуіне жағымды әсер етеді.*

*Кілтті сөздер: кернеулі деформацияланатын күй, шыны, гидроабразивті кесу, ролик, қайрау, қайрау бұрышы.*

**Г. М. Базенов<sup>1</sup>, \*Г. Т. Итыбаева<sup>2</sup>, Р. Б. Кусаинов<sup>3</sup>,**

**А. Л. Галиновский<sup>4</sup>, Ж. К. Мусина<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,5</sup>Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;

<sup>4</sup>Московский государственный технический университет

имени Н. Э. Баумана, Российская Федерация, г. Москва.

Материал поступил в редакцию 22.07.23.

## **НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОЕ СОСТОЯНИЕ СТЕКЛА ПРИ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКЕ**

*Наиболее распространенной современной технологией раскроя флоат-стекла является резка режущими роликами, которые имеют клиновидное тупоугольное сечение и изготавливаются из твердых сплавов. Резка стекла является созданием системы трещин. При этом неизбежно образуется область разрушения, состоящая из большого количества мельчайших выколов и трещин, возникающих под действием режущего инструмента.*

*При гидроабразивной обработке увеличивается глубина поверхностных и боковых трещин. Кроме того, при этом увеличивается разброс по глубине срединных трещин. Эти факторы ухудшают качество реза и увеличивают вероятность разлома не по резу. Все это приводит к тому, что необходимы оптимальные для качества реза значения угла заточки ролика, давления и скорости реза. Эти оптимальные значения зависят от толщины стекла и остаточных напряжений в стекле.*

*Качество реза зависит от количества и глубины микротрещин (в особенности срединных). При уменьшении угла заточки ролика, увеличении давления и скорости реза средняя глубина срединных трещин увеличивается, что положительно влияет на качество реза.*

*В результате проведенных исследований установлены оптимальные параметры гидроабразивной резки (обработки), а именно угла заточки ролика (110°–160°), давления (35Н) и скорости реза, что благоприятно влияет на качество реза и уменьшение процента брака.*

*Ключевые слова: напряженно-деформируемое состояние, стекло, гидроабразивная резка, ролик, заточка, угол заточки.*

Рентгенофазовый анализ проводили на дифрактометре «Rigaku Ultima IV». Полученные дифрактограммы расшифровали с помощью программы «Match! 3».

### Результаты и обсуждения

На рисунке 1 представлены результаты контроля массы рудного образца при нагреве, а на рисунке 2 – результаты расшифровки рентгенограммы образцов руды до и после обжига.

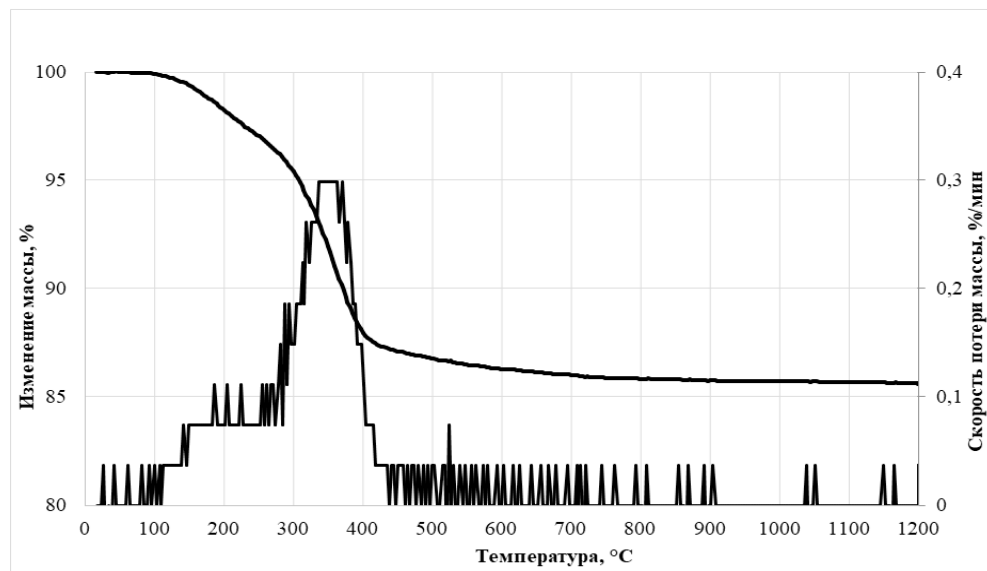


Рисунок 1 – Изменение массы исходного материала при обжиге в атмосфере воздуха

На графике изменения массы от температуры (рис.1) можно выделить четыре характерных участка: менее 320 °С, от 320 °С до 430 °С, от 430 °С до 900 °С и более 900 °С. Учитывая минеральный состав исходной руды, можно предполагать, что на первом участке происходит диссоциация гидроксидов железа [18], на втором участке – диссоциация карбонатов железа и более прочных карбонатов кальция и магния, а на третьем участке разложения гидрофосфата алюминия, также выгорание природного углерода [19]. Повышение температуры выше 900 °С сопровождается незначительной потерей массы руды, при продолжительной выдержке (1 час) при температуре 1200 °С, масса концентрата не изменяется. Общее изменение массы составило 14,5 %. При анализе графика зависимости скорости изменения массы руды от температуры, видны 2 пика скорости. При температуре 186 °С скорость потери массы составляет 0,111 %/мин, а при температуре 337 °С выявляется максимум скорости потери массы и достигает 0,299 %/мин. В температурном интервале 525–1200 °С скорость потери массы составляет от 0,075 до 0 %/мин.