

Конструкторско-технологическое обеспечение процесса глубокого сверления жаропрочной стали

Е. И. Яцун¹ ✉, С. Н. Могилев¹

¹ Юго-Западный государственный университет
ул. 50 лет Октября, д. 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

✉ e-mail: el.yatsun@gmail.com

Резюме

Цель исследования. Достижение заданных параметров точности глубокого сверления созданием конструкторско-технологического обеспечения процесса глубокого сверления, соответствующего современному уровню развития техники и технологий.

Методы. Анализ станочных и инструментальных систем для обработки глубоких отверстий на основании мониторинга конъюнктуры рынка машин, оборудования, режущего инструмента и оснастки ведущих отечественных и мировых производителей. Синтез технологической системы, обеспечивающей создание изделия, соответствующего мировому уровню качества при максимальной производительности процесса.

Результаты. Создано конструкторско-технологическое обеспечение процесса глубокого сверления высоколегированной жаропрочной стали на оборудовании современного уровня с использованием высокопроизводительного инструмента – ружейного сверла. Предложена оснастка для процесса глубокого сверления – антивибрационный люнет, маслоприемник, зажимной патрон, направляющая втулка. Определены условия дробления сливной стружки, образующейся при глубоком сверлении ружейным сверлом и ее удаление из зоны обработки смазочно-охлаждающей жидкостью (СОЖ).

Заключение. На базе оснащения процесса глубокого сверления жаропрочной стали показаны возможности использования как существующего на предприятиях оборудования, так и современного, но дорогостоящего оборудования с учетом серийности производства. Оба этих пути позволяют обеспечить заданную точность и шероховатость обработки. Для реализации процесса глубокого сверления требуется спроектировать специальный инструмент – ружейное сверло с учетом свойств обрабатываемого материала. При реализации процесса глубокого сверления на специализированном оборудовании схема обработки обеспечивается оснасткой станка. При реализации процесса на универсальном оборудовании выбранная схема обработки связана с проектированием и изготовлением оснастки – зажимного патрона, маслоприемника, направляющей втулки. Эти задачи решаются двумя путями: силами специалистов предприятия или привлечением сторонних специализированных организаций по проектированию приспособлений и режущего инструмента. Выбор пути реализации процесса глубокого сверления связан с наличием оборудования, размером партии деталей и технико-экономическими расчетами.

Ключевые слова: глубокое сверление; оборудование; оснастка; ружейное сверло.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Яцун Е.И., Могилев С.Н. Конструкторско-технологическое обеспечение процесса глубокого сверления жаропрочной стали // Известия Юго-Западного государственного университета. 2021; 25(4): 8-18. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2021-25-4-8-18>.

Поступила в редакцию 03.09.2021

Подписана в печать 21.10.2021

Опубликована 20.12.2021

Design and Engineering Support of the Process of Deep Drilling of Heat-resistant Steel

Elena I. Yatsun ¹ ✉, Sergey N. Mogilev ¹

¹ Southwest State University

50 Let Oktyabrya str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

✉ e-mail: el.yatsun@gmail.com

Abstract

Purpose of research. To attain the specified parameters of deep drilling accuracy by creating design and engineering support for the deep drilling process corresponding to the current level of technical and technological development.

Methods. Analysis of machine tools and tool systems for drilling deep holes based on the monitoring of the conditions of machinery, equipment, cutting tools and tooling market of leading domestic and global manufacturers. Synthesis of a process system that ensures the creation of a product that meets the world level of quality with maximum process performance.

Results. The design and engineering support of the process of deep drilling of high-alloy heat-resistant steel using modern equipment with a high-performance tool - a gun drill, was created.

The equipment for the deep drilling process – an anti-vibration rest, an oil receiver, a clamping chuck, a guide bush are proposed. The conditions for the control of flow chips formed during deep drilling with a gun drill and its removal from the processing zone with a cooling mixture are determined.

Conclusion. On the basis of the tooling for deep drilling of heat-resistant steel, the possibilities of using both existing at enterprises equipment and modern but expensive equipment, taking into account the series production, are shown. Both of these ways make it possible to ensure the specified accuracy and roughness of processing.

To implement the deep drilling process, it is required to design a special tool - a gun drill, taking into account the properties of the material being processed. When implementing the deep drilling process applying specialized equipment, the machining pattern is provided by the tooling of the machine. When implementing the process applying universal equipment, the selected machining pattern is connected with the design and manufacture of the tooling – a clamping chuck, an oil receiver, a guide bush. These tasks are implemented in two ways: by the specialists of the enterprise or involving third-party specialized organizations to design attachments and cutting tools. The choice of the way to implement the deep drilling process depends on the availability of equipment, the size of the batch of parts and technical and economic assessment.

Keywords: deep drilling; equipment; tooling; gun drill.

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Yatsun E. I., Mogilev S.N. Design and Engineering Support of the Process of Deep Drilling of Heat-resistant Steel. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2021; 25(4): 8-18 (In Russ.). [https://doi.org/ 10.21869/2223-1560-2021-25-4-8-18](https://doi.org/10.21869/2223-1560-2021-25-4-8-18).

Received 03.09.2021

Accepted 21.10.2021

Published 20.12.2021

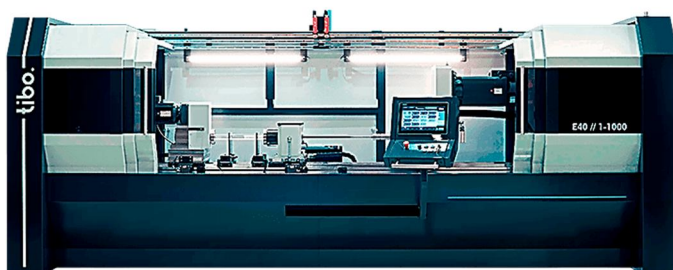
Введение

В настоящее время детали с глубокими отверстиями, такие как роторы и валы турбин, оси и втулки экскаваторов, гильзы, цилиндры и плунжеры прессов, оси и бандажи прокатных станков, трубы буровых установок, кокили для центробежной отливки труб и др. обрабатываются на предприятиях всех основных отраслей промышленности [1, 2, 3].

Трудности обработки отверстий возрастают с увеличением их глубины.

Глубину отверстий принято оценивать отношением L/D_0 , где L – длина отверстия, а D_0 – его диаметр. Отверстия с $L/D_0 > 5$ принято называть глубокими отверстиями и его необходимо обрабатывать методами глубокого сверления на специализированном оборудовании (рис. 1) [4, 5].

Для глубокого сверления используются специальные или универсальные станки (рис. 1) [6-9].



а)



б)

Рис. 1. Оборудование для глубокого сверления: **а** – инновационная модульная система для сверления глубоких отверстий Tibo (Германия); **б** – универсальный токарно-винторезный станок MYDAY 3A (Россия)

Fig. 1. Equipment for deep drilling: **a** – innovative modular system Tibo (Germany) for drilling deep holes; **b** – regular engine lathe MYDAY 3A (Russia)

Материалы и методы

Технологическое обеспечение процесса глубокого сверления состоит в выборе [10-12]:

- технологии глубокого сверления;
- оборудования, соответствующего обрабатываемым заготовкам;
- наладки процесса сверления;

- настройки направления инструмента в начале сверления;
- в определении неоднородности материала обрабатываемого изделия;
- организации удаления стружки из зоны резания;
- способа проверки и настройки жесткости системы с точки зрения направления стебля ружейного сверла в процессе сверления;

– конструкции инструмента, его режущих и направляющих элементов; наиболее соответствующего задаче;

– режимов резания.

Операции глубокого сверления могут выполняться с разными вариантами наладок. Вращение может передаваться только на инструмент или только на деталь.

Возможно также одновременное вращение и сверла, и заготовки; вращение заготовки и осевой подаче сверла (рис. 2).

Направление сверла осуществляется с помощью кондукторной втулки (рис. 3,а) или через предварительно просверленное отверстие меньшего диаметра d на глубину $2d$ (рис. 3, б).

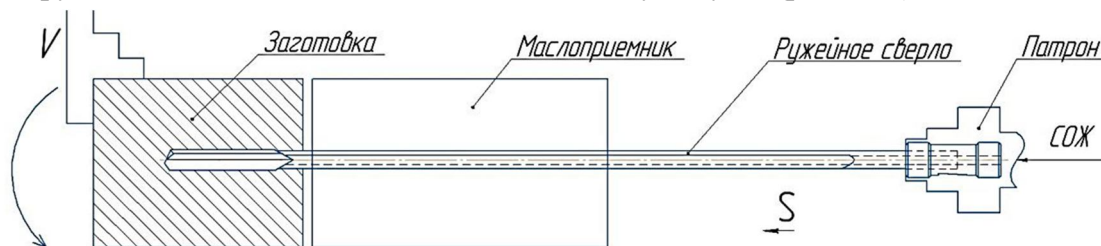


Рис. 2. Движения формообразования при обработке ружейным сверлом

Fig. 2. Shaping movements during gun drilling

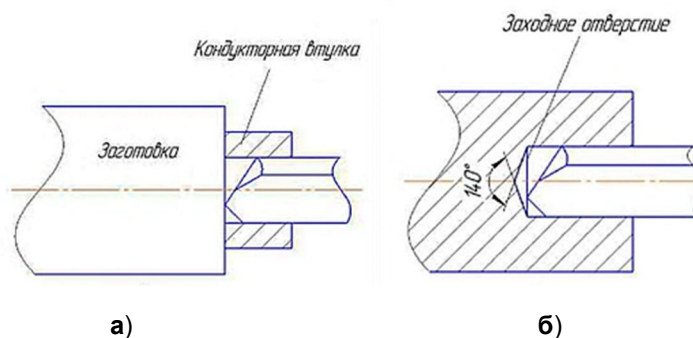


Рис. 3. Способы врезания ружейных сверл: **а** – с помощью кондукторной втулки; **б** – с помощью заходного отверстия

Fig. 3. Methods of gun drills plunge: **а** – with the help of a drilling bush; **б** – with the help of a lead-in hole

Способы получения заходных отверстий [12, 13, 14]:

а) специальными спиральными сверлами в том числе с внутренним подводом СОЖ;

б) спиральными сверлами с последующим растачиванием;

в) фрезерованием методом круговой интерполяции.

Результаты и их обсуждение

Деталь изготавливается из жаропрочной стали 12Х18Н10Т ГОСТ 5949-75. Вес заготовки около 900 кг. Перед началом обработки от прутка отрезается образец К для проведения стандартных видов испытаний физико-механических свойств металла (рис. 4).

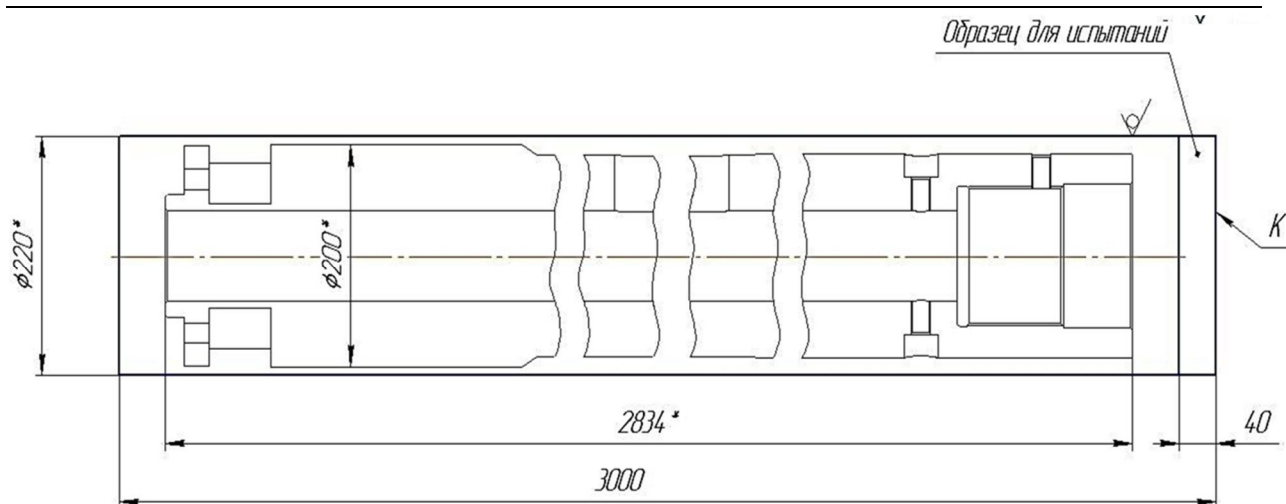


Рис. 4. Заготовка

Fig. 4. Workpiece

Для обработки предлагается использовать универсальный токарно-винторезный станок мод. 1М65-5 (см. рис. 1, б), позволяющий вести обработку заготовок, устанавливаемых над суппортом $\phi 650$ и длину обрабатываемой заготовки 5000 мм. Для подачи СОЖ станок дополняется насосной станцией.

Для направления сверла выбрана схема обработки (см. рис. 2) и разработана наладка станка (рис. 5).

При изготовлении отверстия сверло проходит через направляющую втулку, установленную в маслоприемнике (рис. 6).

Материал втулки – инструментальная легированная сталь 9ХГС ГОСТ5950-2000 для изготовления деталей, к которым предъявляются требования повышенной износостойкости [10, 11]. Твердость HRC 50...62.

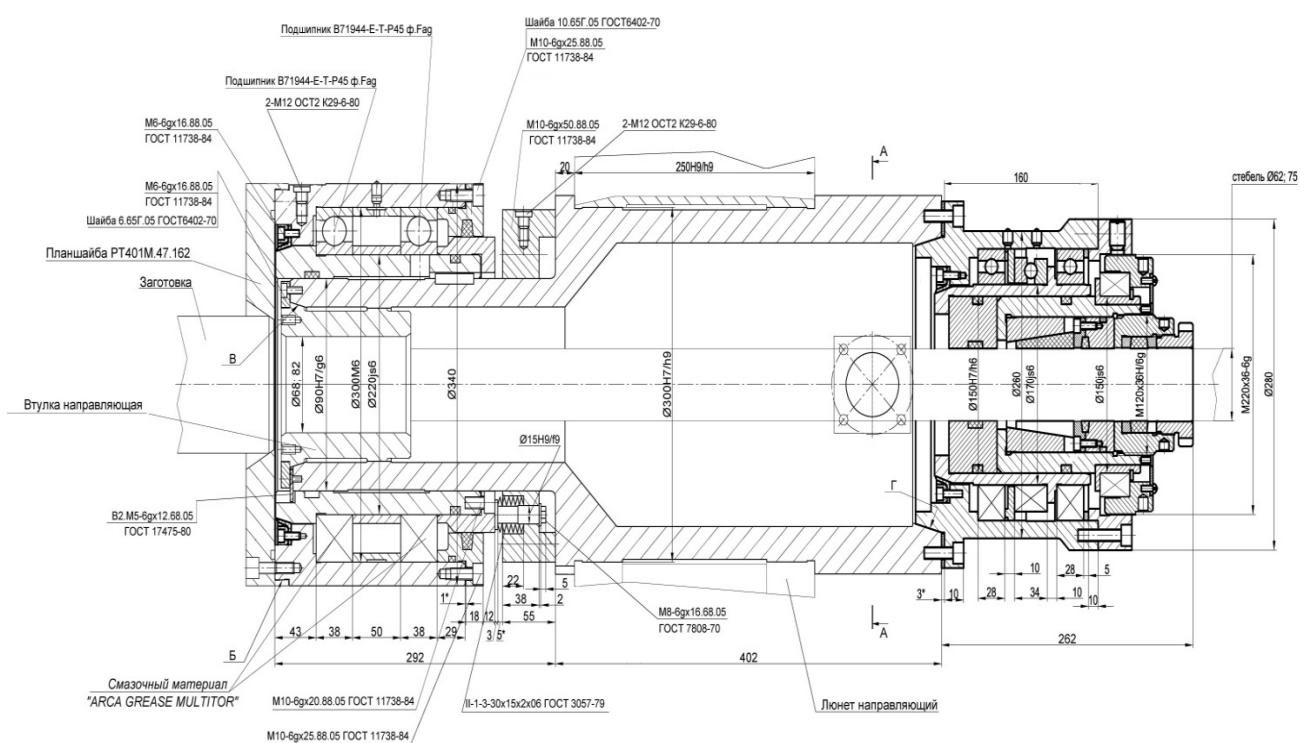
Маслоприемник установлен в люнете. Масло для удаления стружки под давлением подается в маслоприемник. На расход СОЖ оказывает влияние диаметр ружейного сверла. Для заданных

условий – диаметр рабочей части сверла 82 мм, длина сверления 2840 мм – давление 1 МПа и расход водной СОЖ 400 л/мин. Тонкость очистки СОЖ 25-30 мкм [15, 16]. Герметичность обеспечивается уплотнением узла резиновыми кольцами ГОСТ 9833-73 и войлочными уплотнениями (см. рис. 5).

Качество обработки ружейным сверлом IT 8...14. Шероховатость $Ra \leq 1,25$ мкм. Увод от оси заготовки не более 0,3 мм/м [10]. По требованиям чертежа детали $\phi 82H12$, допуск +0,35 мм. Шероховатость $Ra_{3,2}$ мкм.

Для обработки детали разработана конструкция ружейного сверла и выбрана геометрия режущей части (рис. 7) [17, 18, 19, 20].

Материал цельной рабочей части – твердый сплав ВК6 ГОСТ 3882-74, материал стебля – 30ХГСА, сортамент – труба прецизионного исполнения ГОСТ 9567 - 75. Твердость стебля сверла HRC47...52 [11].



A - A

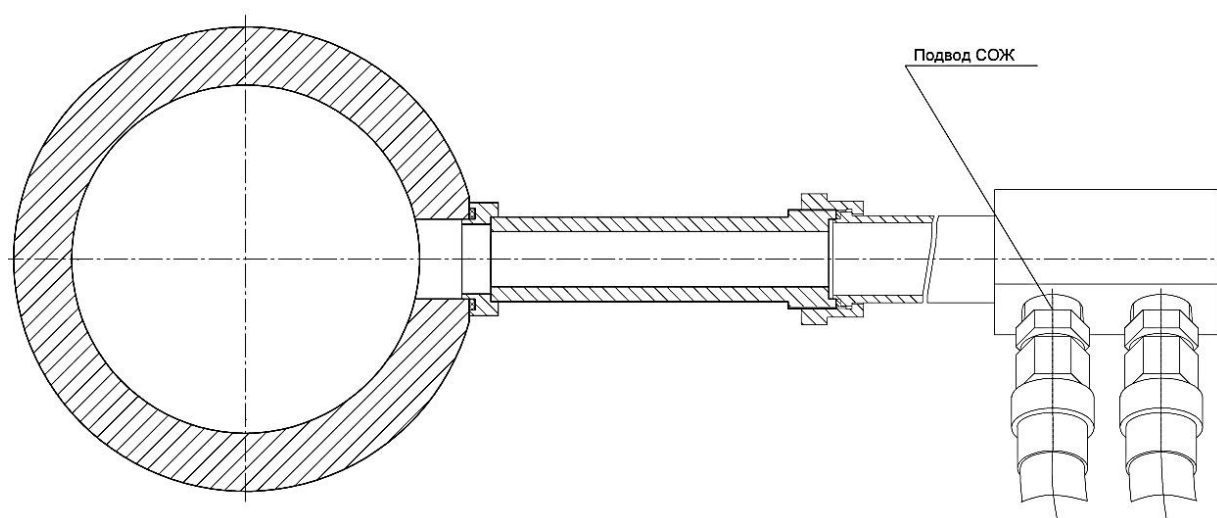


Рис. 5. Наладка глубокого сверления

Fig. 5. Deep drilling setting up

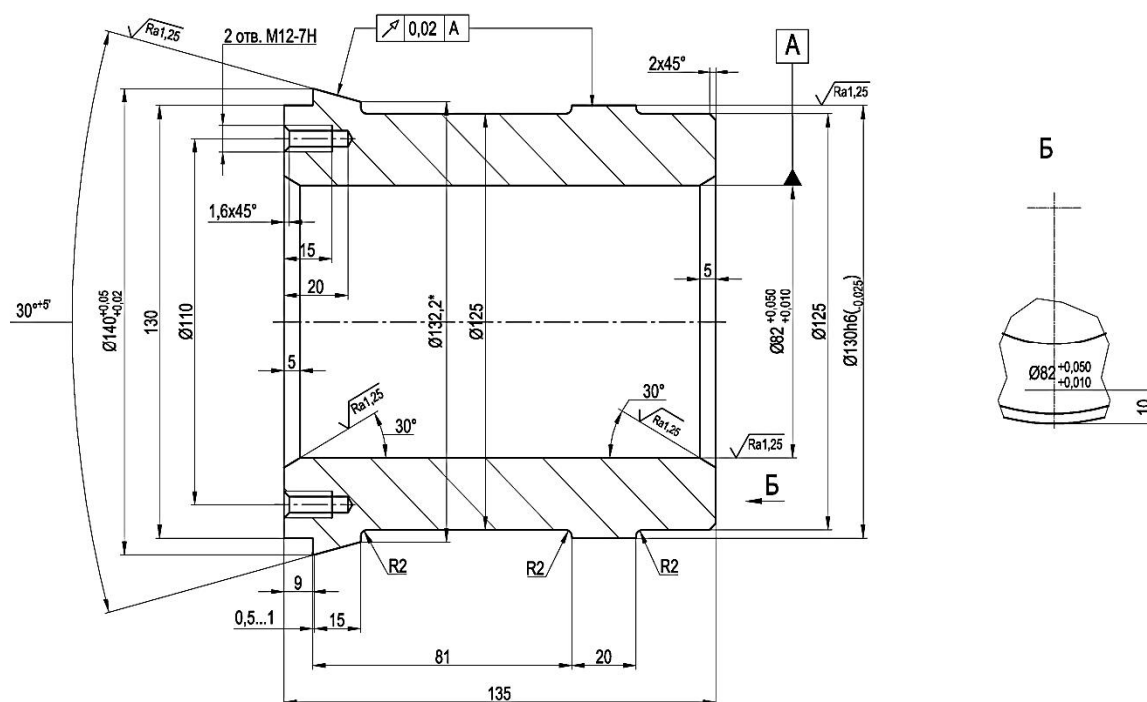
$\sqrt{Rz40}$ (✓)

Рис. 6. Кондукторная втулка

Fig. 6. Drilling bush

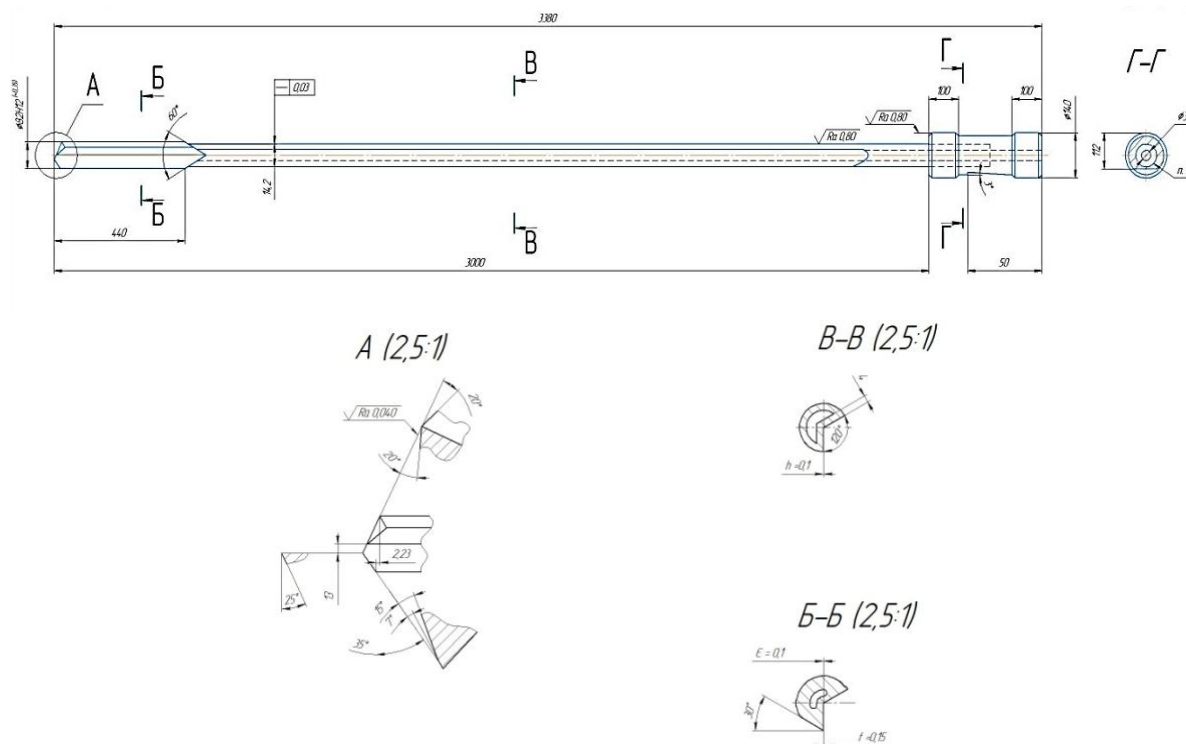


Рис. 7. Ружейное сверло

Fig. 7. Gun drill

Выводы

Конструкторско-технологическое обеспечение процесса глубокого сверления складывается из подготовки про-

изводства для обработки детали – изготовление поддерживающей оснастки, изготовление оснастки для базирования детали на станке, доработки или приобретения инструмента.

Список литературы

1. Троицкий Н.Д. Глубокое сверление. Л.: Машиностроение, 1971. 176 с.
2. Кононенко С.Г. Обработка глубоких отверстий. М.: Машиностроение, 1964. 41 с.
3. Минков М.А. Технология обработки глубоких точных отверстий. М.-Л.: Машиностроение, 1965. 176 с.
4. Туктанов А.Г. Технология производства стрелково-пушечного и артиллерийского оружия. М.: Машиностроение, 2007. 375 с.
5. Кожевников Д.В. Современная технология и инструмент для обработки глубоких отверстий: обзор. М.: НИИМАШ, 1981. 60 с.
6. Кирсанов С.В. Станки для обработки глубоких отверстий // Справочник. Инженерный журнал. 2001. №8(53). С.46-49.
7. Гольдрах Г.М., Джугурян Т.Г., Капительман Л.В. Станки для глубокого сверления // Техника машиностроения. 1966. №3 (9). С. 39-41.
8. Губергриц Л.И., Дроздов Ф.М. Станки для сверления и растачивания глубоких отверстий // Станки и инструмент. 1989. №4. С. 2-4.
9. Липатов А.Н. Глубокое сверление на станках с ЧПУ // Станки и инструмент, 1991. №5. С.29-31.
10. Обеспечение прямолинейности каналов при производстве трубных заготовок А.В. Соколов, М.Д. Вяткин, И.Б. Шендеров и др. // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2000. №12. С. 48-49.
11. Литвинов Л.П. Вибросверление глубоких отверстий // Вестник машиностроения. 1990. №5. С. 22-24.
12. Кириллин Б.Н. Вибрационное сверление ружейными сверлами// Станки и инструмент. 1968. №5. С. 22-24.
13. Яцун Е.И., Анисеева Н.П., Карнаухов И.С. Повышение эффективности обработки длинномерных валов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019; №23(1): 43-53. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2019-23-1-43-53>
14. Увеличение динамической жесткости расточных оправок / Е.И. Яцун, О.С. Зубкова, А.В. Гордейков, Д.А. Зубков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2020. № 3 (341). С 45-50.

15. Кирсанов С.В Смазочно-охлаждающие технологические средства, применяемые при обработке глубоких отверстий // Справочник. Инженерный журнал. 2001. №6(51). С.5-7.
16. Буяновский И.А. К оценке нижних температурных пределов действия химически активных присадок // Трение и износ, 1981. Т. 2, №4. С. 703-707.
17. Кирсанов С.В. Современные конструкции инструментов для сверления и растачивания глубоких отверстий // Справочник. Инженерный журнал. 2005. №2(95). С.46-53.
18. Инструменты для обработки точных отверстий / С.В. Кирсанов, В.А. Гречишников, А.Г. Схиртладзе, В.И. Кокарев. М.: Машиностроение, 2005. 336 с.
19. Яцун Е.И. Инструментальные системы для обработки деталей гидроцилиндров. Курск, 2020. 117 с.
20. Инструментальное обеспечение процесса механической обработки твердыми сплавами и композитами / Е.И. Яцун, В.В. Малыхин, О.С. Зубкова, С.Г. Новиков. Курск, 2016. 224 с.

References

1. Troitsky N.D. *Glubokoe sverlenie* [Deep drilling]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1971. 176 p.
2. Kononenko S.G. *Obrabotka glubokikh otverstii* [Processing of deep holes]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1964. 41 p.
3. Minkov M.A. *Tekhnologiya obrabotki glubokikh tochnykh otverstii* [Technology of processing deep precise holes]. Moscow-Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1965. 176 p.
4. Tuktanov A.G. *Tekhnologiya proizvodstva strelkovo-pushechnogo i artilleriiskogo oruzhiya* [Technology of production of small-gun and artillery weapons]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2007. 375 p.
5. Kozhevnikov D.V. *Sovremennaya tekhnologiya i instrument dlya obrabotki glubokikh otverstii* [Modern technology and tools for processing deep holes]. Moscow, NIIMASH Publ., 1981. 60 p.
6. Kirsanov S.V. *Stanki dlya obrabotki glubokikh otverstii* [Machines for processing deep holes. Guide.]. *Spravochnik. Inzhenernyi zhurnal = Engineering Magazine, Engineering Journal*, 2001, no.8(53), pp.46-49.
7. Goldrakh G.M., Dzhuguryan T.G., Kapitelman L.V. *Stanki dlya glubokogo sverleniya* [Machines for deep drilling]. *Tekhnika mashinostroeniya = Machinery Engineering*, 1966, no. 3 (9), pp. 39-41.
8. Gubergrits L.I., Drozdov F.M. *Stanki dlya sverleniya i rastachivaniya glubokikh otverstii* [Machines for drilling and boring deep holes]. *Stanki i instrument = Machines and Tools*, 1989, no. 4, pp. 2-4.

9. Lipatov A.N. Glubokoe sverlenie na stankakh s ChPU [Deep drilling on CNC machines]. *Stanki i instrument = Machines and Tools*, 1991, no. 5, pp.29-31.
10. Sokolov A.V., Vyatkin M.D., Shenderov I.B., etc. Obespechenie pryamolineinosti kanalov pri proizvodstve trubnykh zagotovok [Ensuring the straightness of channels in the production of pipe blanks]. *Khimicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie = Chemical and Oil and Gas Engineering*, 2000, no.12, pp. 48-49.
11. Litvinov L.P. Vibrosverlenie glubokikh otverstii [Vibration drilling of deep holes]. *Vestnik mashinostroeniya = Bulletin of Mechanical Engineering*, 1990, no.5, pp. 22-24.
12. Kirillin B.N. Vibratsionnoe sverlenie ruzheinymi sverlami [Vibration drilling with rifle drills]. *Stanki i instrument = Machines and Tools*, 1968, no. 5, pp. 22-24.
13. Yatsun E. I., Anikeeva N. P, Karnaukhov I. S. Increase in Processing Efficiency of Long-Length Shafts. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2019; 23(1): 43-53 (in Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2019-23-1-43-53>.
14. Yatsun E.I., Zubkova O.S., Gordeykov A.V., Zubkov D.A. Uvelichenie dinamicheskoi zhestkosti rastochnykh opravok [Increasing the dynamic rigidity of boring mandrels]. *Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii = Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology*, 2020, no. 3 (341), pp. 45-50.
15. Kirsanov S.V. Smazочно-okhlazhdayushchie tekhnologicheskie sredstva, primenyaemye pri obrabotke glubokikh otverstii [Lubricating and cooling technological means used in the processing of deep holes]. *Guide. Inzhenernyi zhurnal = Engineering Journal*, 2001, no.6(51), pp.5-7.
16. Buyanovskiy I.A. K otsenke nizhnikh temperaturnykh predelov deistviya khimicheskii aktivnykh prisadok [To the assessment of the lower temperature limits of the action of chemically active additives]. *Trenie i iznos = Friction and Wear*, 1981, vol. 2, no. 4, pp. 703-707.
17. Kirsanov S.V. Sovremennye konstruktsii instrumentov dlya sverleniya i rastachivaniya glubokikh otverstii [Modern designs of tools for drilling and boring deep holes]. *Guide. Inzhenernyi zhurnal = Engineering Journal*, 2005, no.2(95), pp.46-53.
18. Kirsanov S.V., Grechishnikov V.A., Skhirtladze A.G., Kokarev V.I. *Instrumenty dlya obrabotki tochnykh otverstii* [Tools for processing precise holes]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2005. 336 p.
19. Yatsun E.I. *Instrumental'nye sistemy dlya obrabotki detalei gidrotsilindrov* [Tool systems for processing hydraulic cylinder parts]. Kursk, 2020. 117 p. (In Russ.)
20. Yatsun E.I., Malykhin V.V., Zubkova O.S., Novikov S.G. *Instrumental'noe obespechenie protsessa mekhanicheskoi obrabotki tverdymi splavami i kompozitami* [Instrumental support of the machining process with hard alloys and composites]. Kursk, 2016. 224 p.

Информация об авторах / Information about the Authors

Яцун Елена Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование», Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: el.yatsun@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7633-6489>

Могилев Сергей Николаевич, студент кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование», Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: varior88@mail.ru

Elena I. Yatsun, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Machine-building Technologies and Equipment Department, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: el.yatsun@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7633-6489>

Sergey N. Mogilev, Student Machine-building Technologies and Equipment Department, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: varior88@mail.ru