



---

**ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ/TECHNOLOGIES AND MACHINES OF PROCESSING BY PRESSURE**

---

DOI: <https://doi.org/10.60797/ENGIN.2026.10.1> EDN: DXHJMO**ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТАБИЛИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ШТАМПОВОЧНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА ПУТЕМ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ОТПУСКА**

Научная статья

**Ташматов Р.К.<sup>1,\*</sup>, Бердиев Д.М.<sup>2</sup>, Анарбаева З.И.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>ORCID : 0000-0001-9113-9953;<sup>2</sup>ORCID : 0000-0003-1154-2115;<sup>1,3</sup>Алмалыкский государственный технический институт, Алмалык, Узбекистан<sup>2</sup>Ташкентский государственный технический университет им. И. Каримова, Ташкент, Узбекистан

\* Корреспондирующий автор (r.tashmatov[at]odti.uz)

**Аннотация**

В статье рассмотрена проблема повышения долговечности рабочих инструментов, таких как пуансон и матрица, применяемых в процессе холодной листовой штамповки. Проанализированы методы термической обработки, разработанные ведущими исследователями мира, а также их влияние на структуру и свойства инструментальных сталей. Выявлены недостатки традиционных термических режимов, используемых на производственных предприятиях, в частности: недостаточное обеспечение требуемой твёрдости инструментальных сталей, образование трооститной структуры, неравномерное распределение карбидов и возникновение трещин. По результатам исследования предложены усовершенствованные изотермические режимы термической обработки, методы закалки с промежуточным отпуском и технологические подходы, направленные на повышение структурной стабильности инструментов для холодной листовой штамповки.

**Ключевые слова:** штамповка, пуансон, матрица, инструментальные стали, термическая обработка, мартенсит, троостит, абразивный износ, долговечность, изотермическое превращение.

**EFFICIENCY OF STABILIZATION OF THE STRUCTURE OF STAMPING TOOLS FOR COLD STAMPING OF SHEET MATERIAL BY INTERMEDIATE TEMPERING**

Research article

**Tashmatov R.K.<sup>1,\*</sup>, Berdiev D.M.<sup>2</sup>, Anarbaeva Z.I.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>ORCID : 0000-0001-9113-9953;<sup>2</sup>ORCID : 0000-0003-1154-2115;<sup>1,3</sup>Almalyk State Technical Institute, Almalyk, Uzbekistan<sup>2</sup>Tashkent State Technical University named after I. Karimov, Tashkent, Uzbekistan

\* Corresponding author (r.tashmatov[at]odti.uz)

**Abstract**

This article examines the problem of increasing the durability of working tools, such as punches and dies, used in cold sheet metal stamping. It analyzes heat treatment methods developed by leading researchers worldwide, as well as their impact on the structure and properties of tool steels. The shortcomings of traditional thermal regimes used in manufacturing plants have been identified, in particular: insufficient provision of the required hardness of tool steels, the formation of a troostite structure, uneven distribution of carbides and the occurrence of cracks. Based on the results of the study, improved isothermal heat treatment modes, quenching methods with intermediate tempering, and technological approaches aimed at increasing the structural stability of cold sheet metal stamping tools were proposed.

**Keywords:** stamping, punch, matrix, tool steels, heat treatment, martensite, troostite, abrasive wear, durability, isothermal transformation.

**Введение**

Холодная листовая штамповка является одним из наиболее распространённых технологических процессов в машиностроении и производстве металлических изделий. В данном процессе долговечность штамповочного инструмента, такого как пуансон и матрица, оказывает прямое влияние на качество продукции, производительность и технологическую себестоимость.

Целью данного научного исследования является разработка и обоснование эффективных режимов термической обработки, обеспечивающих микроструктурную стабильность инструментальных сталей как У8 для увеличения срока службы штамповочных инструментов, таких как пуансоны и матрицы, используемых при холодной листовой штамповке.

В таких промышленно развитых странах, как Великобритания, США, Канада, Швейцария и Индия, активно проводятся исследования, направленные на повышение усталостной прочности штамповочного инструмента при трении, стабилизацию мартенситной структуры, оптимизацию распределения карбидов и снижение абразивного износа.

Учёные, такие как С.А. Бенви, С.С. Мэнсон, Н.М. Ньюмарк, Равикиран, Джаладжкумар и Викаскумар, внесли значительный вклад в развитие данного направления фундаментальными научными результатами по прочности сталей при циклическом нагружении, кинетике мартенситных превращений, стабильности остаточного аустенита и механизмам разрушения в условиях усталости [1], [2], [3]. Кроме того, установлено, что покрытия на основе нитрида титана (TiN), карбида хрома (CrC) и карбида ванадия (VC), а также поверхностные модификации (карбидные, нитридные, боридные слои) повышают износостойкость инструмента в 2–3 раза. Применение таких покрытий значительно снижает абразивный износ, однако требует дополнительных затрат, в связи с чем разработка экономически эффективных режимов термической обработки представляет особую актуальность.

### Методы и принципы исследования

В исследовании были сравнены пуансоны ОПМД, ОМЧ-3,5 и МВ Р-14, изготовленные из инструментальных сталей марки У8, путём анализа их химического состава (рис. 1).

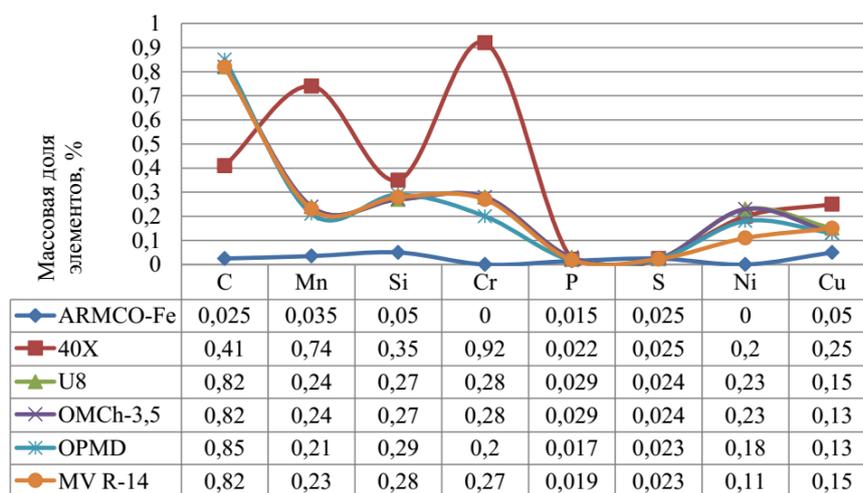


Рисунок 1 - Сравнительная диаграмма химического состава стали и штамповочного инструмента

DOI: <https://doi.org/10.60797/ENGIN.2026.10.1.1>

Микро- и макроструктурные исследования были выполнены с использованием металлографического микроскопа MX-4XC PLUS, с помощью которого изучено распределение фаз мартенсита, троостита и карбидов. Кроме того, измерение твёрдости по шкале HRC проводилось на рабочей части штамповочного инструмента с определением распределения твёрдости на глубину до 2 мм на приборе HBRV-187.5.

Эксплуатационный анализ показал, что фактический срок службы штамповочного инструмента в производственном предприятии был оценён с использованием гистограммы (рис. 2).

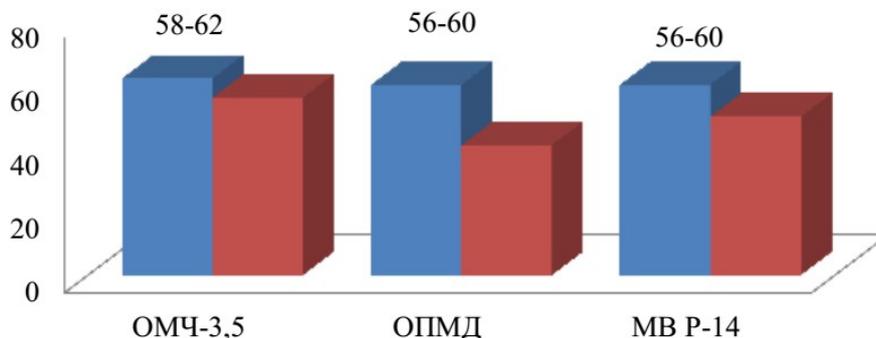


Рисунок 2 - Сравнительная гистограмма твердости штамповочного инструмента, пришедшего в негодность раньше срока

DOI: <https://doi.org/10.60797/ENGIN.2026.10.1.2>

Процессы термической обработки проводились в муфельной печи марки СНОЛ 8,2/1100, при этом сравнение образцов осуществлялось по традиционному режиму (закалка при температурах выше критических точек Ас<sub>1</sub>–Ас<sub>3</sub>), усовершенствованному режиму закалки с промежуточным отпуском и изотермическим режимам [4].

## Основные результаты

В результате анализа фактических показателей долговечности штамповочного инструмента установлено, что средний срок его пригодности на предприятии на 25–30% ниже установленной нормы, а у отдельных пуансонов (марки ОПМД) выявлена твердость на уровне 41–42 HRC, что на 30–35% меньше требуемого ресурса (рис. 3).

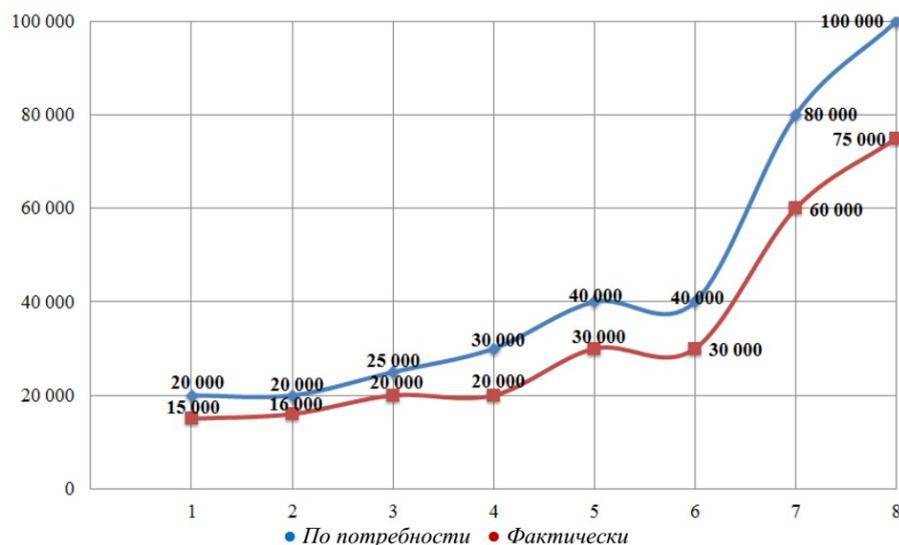


Рисунок 3 - Аналитическая диаграмма среднего числа изделий, подлежащих штамповке согласно требованиям предприятия и фактически

DOI: <https://doi.org/10.60797/ENGIN.2026.10.1.3>

Примечание: МВ Р-14 (1); ОМЧ-3,5 (2); ОПМД (3); ОПБ-3 (4); ОПК-1 (5); ОПМ-1 (6); ОПЧ-2 (7); ОПКЧ-2 va 3,5 (8)

Данные показатели связаны с наличием троостита в микроструктуре инструментальных сталей, неравномерным распределением карбидов и недостаточным образованием мелкоигольчатого мартенсита [5].

По результатам микроструктурного анализа на пуансоне ОПМД были выявлены мелкоигольчатый мартенсит, троостит, неравномерно распределенные карбиды, значительное количество сульфидов и силикатных включений [6].

В инструментальной стали У8 наблюдались крупные зерна перлита размером 4–5 баллов, а при чрезмерном нагреве — крупный игольчатый мартенсит. Кроме того, в матрицах ОМЧ-3,5 и МВ Р-14 на поверхностном слое выявлен мелкоигольчатый мартенсит, в среднем слое — троостит и карбиды [7].

В результате традиционной термической обработки инструментальные стали после закалки в воде не достигли достаточной твердости, не была обеспечена стабильность остаточного аустенита, карбиды увеличились в размерах, образовались слои троостита, что привело к быстрому износу инструмента [8].

Это, в свою очередь, вызывает растрескивание пуансонов, абразивный износ, изменение рабочих размеров и разрушение вследствие усталости.

## Обсуждение

При холодной листовой штамповке нагрузка высокая, контактное давление значительное, поэтому материал штамповочных инструментов должен соответствовать следующим требованиям: твердость 56–60 HRC, износостойкость, усталостная прочность, термическая стабильность и равномерное распределение карбидов.

Анализ штампового инструмента на предприятии АО «Узметкомбинат» показал, что для изготовления инструмента для холодной штамповки широко используют стали У8, У8А, У10, У10А, 9ХС и Х12М, в некоторых случаях применяют вставки из твердого сплава [9].

Проведённые анализы показали, что для пуансона ОПМД из инструментальной стали марки У8 применяемый традиционный режим закалки не стабилизирует структуру.

Неравномерное распределение карбидов и слои троостита резко ускоряют абразивный износ. Отсутствие формирования слоя мартенсита в поверхностном слое снижает твердость штамповочного инструмента. Недостаточный оптимальный уровень остаточного аустенита способствует быстрому возникновению усталостных трещин. Поэтому необходимо применение термообработки, оптимизированной на основе изотермических диаграмм.

Все основные исследования были проведены на эвтектоидной углеродистой стали У8 промышленной выплавки. Эта сталь наиболее широко применяется при производстве инструмента для холодной штамповки. Марки стали регламентируются ГОСТ 8559–75 [10].

Исходя из вышеизложенного, применение усовершенствованных технологий термообработки для холодных штамповочных инструментов из инструментальной стали марки У8, а именно закалки с промежуточным отпуском при температуре 450 °С, позволило снизить внутренние напряжения мартенсита, обеспечить мелкодисперсное распределение карбидов, сформировать мелкую структуру за счёт контролируемого изменения аустенита при изотермической закалке и стабильно сохранить высокую твердость рабочей части пуансона.

Данная обработка повышает стойкость штампового инструмента в 2–3 раза [11].



Перегрев матрицы до высокой температуры и оптимизация процесса перехода перлита в аустенит обеспечили оптимальное формирование начальных зерен на границах феррит-цементит.

Установлено, что при промежуточной отпускной закалке инструментальной стали наличие частичного мартенсита и остаточного аустенита снижает образование трещин, повышая тем самым износостойкость.

### Заключение

Полученные данные и результаты лабораторных исследований показали, что износостойкость холодных листовых штамповочных инструментов тесно связана с металлургическими свойствами, микроструктурным состоянием, режимами термообработки и эксплуатационными нагрузками.

В ходе исследования было подтверждено, что традиционные методы термообработки, применяемые для пуансона ОПМД из инструментальной стали марки У8, не обеспечивают требуемую твердость стали и стабильную структуру. При этом крупность мартенсита, наличие троостита и неравномерное распределение карбидов приводят к преждевременному выходу инструмента из строя.

Нетрадиционные методы термообработки, такие как изотермическая закалка, промежуточный отпуск и контролируемый нагрев, оказались эффективными для повышения прочности инструмента.

На основе предложенных технологий срок службы холодных штамповочных инструментов может быть увеличен в среднем на 25–35%

### Благодарности

Огромное спасибо за сотрудничество.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Acknowledgement

The authors express their sincere gratitude for cooperation.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Manson S.S. Fatigue and Durability of Structural Materials / S.S. Manson, G.R. Halford // ASM Handbook. — 2006. — 456 p.
2. Honeycombe R.W.K. Steels: Microstructure and Properties / R.W.K. Honeycombe, H.K.D.H. Bhadeshia. — Oxford : Butterworth-Heinemann, 2006. — 344 p.
3. Bhadeshia H.K.D.H. Martensite and Bainite in Steels / H.K.D.H. Bhadeshia. — London : Institute of Materials, 2001. — 11 p.
4. Tashmatov R. Sovuq holatda shtamplash asboblarini chidamliligini oshirish uchun termik puxtalash texnologiyasini takomillashtirish / R. Tashmatov. — Tipograff, 2024. — 42 p.
5. Mukhamedov A.A. The Influence of the Thermal History on the structure and Properties of Steel / A.A. Mukhamedov // The Physics of Metals and Metallography. — 1992. — Vol. 74, № 5. — P. 482–487.
6. Berdiev D.M. Increasing Die Durability in Cold Stamping by Quenching with Intermediate Tempering / D.M. Berdiev, A.A. Yusupov, R.K. Toshmatov et al. // Russian Engineering Research. — 2022. — Vol. 42, № 10. — P. 1011–1013. — DOI: 10.3103/S1068798X22100057.
7. Berdiev D.M. Phase and Structural Transformations of Structural Steels in Nontraditional Heat Treatment / D.M. Berdiev, M.A. Umarova, R.K. Toshmatov // Russian Engineering Research. — 2021. — Vol. 41, № 1. — P. 46–48.
8. Berdiev D. The Influence of High-Chromium Powder Coatings on Wear Resistance of Working Parts / D. Berdiev, L. Raufov, M. Umarova et al. // ICoRSE 2025. — 2025. — Vol. 1592. — P. 15–26. — DOI: 10.1007/978-3-032-02508-1\_2.
9. Бердиев Д.М. Повышение стойкости штампов холодной штамповки закалкой с промежуточным отпуском / Д.М. Бердиев, Р.К. Тошматов, А.Х. Абдуллаев // Литье и металлургия. — 2022. — № 3. — С. 91–95. — DOI: 10.21122/1683-6065-2022-3-91-95.
10. Бердиев Д.М. Увеличение стойкости штампов холодной штамповки режимом закалки с промежуточным отпуском / Д.М. Бердиев, Р.К. Ташматов // Практические и инновационные научные исследования: актуальные проблемы, достижения и новшества : материалы Международной научной и научно-технической конференции, посвященной памяти профессора А.А. Юсупходжаева. — 2021. — С. 306–307.
11. Бердиев Д.М. Повышение стойкости штампов холодной штамповки закалкой с промежуточным отпуском / Д.М. Бердиев, А.А. Юсупов, Р.К. Тошматов // Вестник машиностроения. — 2022. — № 7. — С. 61–64. — DOI: 10.36652/0042-4633-2022-7-61-64.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Manson S.S. Fatigue and Durability of Structural Materials / S.S. Manson, G.R. Halford // ASM Handbook. — 2006. — 456 p.
2. Honeycombe R.W.K. Steels: Microstructure and Properties / R.W.K. Honeycombe, H.K.D.H. Bhadeshia. — Oxford : Butterworth-Heinemann, 2006. — 344 p.



3. Bhadeshia H.K.D.H. Martensite and Bainite in Steels / H.K.D.H. Bhadeshia. — London : Institute of Materials, 2001. — 11 p.
4. Tashmatov R. Sovuq holatda shtamplash asboblarini chidamliligini oshirish uchun termik puxtalash texnologiyasini takomillashtirish / R. Tashmatov. — Tipograff, 2024. — 42 p.
5. Mukhamedov A.A. The Influence of the Thermal History on the structure and Properties of Steel / A.A. Mukhamedov // The Physics of Metals and Metallography. — 1992. — Vol. 74, № 5. — P. 482–487.
6. Berdiev D.M. Increasing Die Durability in Cold Stamping by Quenching with Intermediate Tempering / D.M. Berdiev, A.A. Yusupov, R.K. Toshmatov et al. // Russian Engineering Research. — 2022. — Vol. 42, № 10. — P. 1011–1013. — DOI: 10.3103/S1068798X22100057.
7. Berdiev D.M. Phase and Structural Transformations of Structural Steels in Nontraditional Heat Treatment / D.M. Berdiev, M.A. Umarova, R.K. Toshmatov // Russian Engineering Research. — 2021. — Vol. 41, № 1. — P. 46–48.
8. Berdiev D. The Influence of High-Chromium Powder Coatings on Wear Resistance of Working Parts / D. Berdiev, L. Raufov, M. Umarova et al. // ICoRSE 2025. — 2025. — Vol. 1592. — P. 15–26. — DOI: 10.1007/978-3-032-02508-1\_2.
9. Berdiev D.M. Povysheniye stoykosti shtampov kholodnoy shtampovki zakalkoy s promezhutochnym otpuskom [Increasing the durability of cold stamping dies by quenching with intermediate tempering] / D.M. Berdiev, R.K. Toshmatov, A.Kh. Abdullaev // Lit'ye i metallurgiya [Foundry and Metallurgy]. — 2022. — № 3. — P. 91–95. — DOI: 10.21122/1683-6065-2022-3-91-95. [in Russian]
10. Berdiev D.M. Uvelicheniye stoykosti shtampov kholodnoy shtampovki rezhimom zakalki s promezhutochnym otpuskom [Increasing the durability of cold stamping dies by quenching with intermediate tempering mode] / D.M. Berdiev, R.K. Tashmatov // Prakticheskiye i innovatsionnyye nauchnyye issledovaniya: aktual'nyye problemy, dostizheniya i novshestva [Practical and innovative scientific research: current problems, achievements and innovations] : proceedings of the International Scientific and Scientific-Technical Conference dedicated to the memory of Professor A.A. Yusupkhodzhaev. — 2021. — P. 306–307. [in Russian]
11. Berdiev D.M. Povysheniye stoykosti shtampov kholodnoy shtampovki zakalkoy s promezhutochnym otpuskom [Increasing the durability of cold stamping dies by quenching with intermediate tempering] / D.M. Berdiev, A.A. Yusupov, R.K. Toshmatov // Vestnik mashinostroyeniya [Machine Building Bulletin]. — 2022. — № 7. — P. 61–64. — DOI: 10.36652/0042-4633-2022-7-61-64. [in Russian]