

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ТВЕРДОСПЛАВНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА Т14К8

Рассмотрен вопрос повышения стойкости твердосплавных чашечных резцов марки Т14К8. Исследованы процессы влияния термической обработки на эксплуатационные свойства твердосплавных чашечных резцов марки Т14К8. Определены зависимости между твердостью, стойкостью, микроструктурой твердого сплава Т14К8 и режимами термической обработки.

Ключевые слова: твердый сплав, термическая обработка, твердость, стойкость, микроструктура.

Оренбургский локомотиворемонтный завод (ОЛРЗ) специализируется на изготовлении и восстановлении колесных пар маневровых тепловозов ЧМЭ-3.

Поверхности бандажа, контактирующие с рельсом, подвергаются разрушению из-за ударного воздействия (на стыках рельс) и трения, что приводит к изменению размеров, формы и состояния поверхности. Износу подвергаются поверхности катания колес, шейки и другие части осей.

Заготовки для бандажей (ГОСТ 398-96, ГОСТ 52366-2005) ОЛРЗ получает с ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат» в виде поковки. Материал заготовок – Ст3 ГОСТ 388-88. Механические свойства и химический состав каждой партии бандажей подтверждается документально сертификатом. На заводе осуществляется растачивание внутреннего диаметра бандажа на токарно-карусельном станке модели КС 412 чашечными резцами из твердого сплава Т14К8, напрессовку бандажа на диск колеса и точение по наружной поверхности на колесно-токарном станке модели 1836М10 тангенциальными пластинами из твердого сплава Т15К6. Для точения бандажей колесных пар, по заводским техническим условиям, рекомендуется применять чашечные резцы марки Т14К8.

Схема и процесс точения приведены на рисунке 1.

После обработки расстояние между внутренними гранями колес должно быть равным 1440_{-3}^{+1} мм; расстояние между кругами катания 1580 мм; диаметр колес по кругу катания 1050_{-5}^{+5} мм; разность диаметров бандажей по кругу катания у одной колесной пары не более 0,5 мм.

Растачивания внутреннего диаметра бандажа проводится по режимам:

- подача $S = 0,8 - 1,12$ мм/мин;
- частота вращения $n = 20$ мин⁻¹.

Обработку внутренней поверхности бандажа осуществляют чашечным резцом из твердого сплава RPUX 2709 M0 TN (рисунок 2) производства ОАО «Кировоградский завод твердых сплавов» (КЗТС). Геометрические параметры резца: $D=27,8$ мм; $d=10$ мм; $h=9,5$ мм. Заявленные изготовителем свойства резца: твердость 86–92 HRA, красностойкость 800–1000 °С.

По мере износа контактирующей поверхности резца, его поворачивают таким образом, чтобы в работе участвовали новые участки резца. Износ твердосплавных резцов при обработке колесных пар напрямую зависит от дефектов поверхности бандажа. При большом съеме металла в твердосплавном резце возникают значительные изгибающие напряжения, приводящие к ускоренному износу пластин. При попадании дефекта поверхности в зону резания резец испытывает ударные нагрузки, что приводит к его разрушению.

Цель исследования

Определить влияние термической обработки в соляных печах – ваннах чашечных резцов из твердого сплава Т14К8 на эксплуатационные свойства и структуру.

Задачи исследования:

- анализ внешнего состояния чашечных резцов из твердого сплава Т14К8;
- определение стойкости;
- определение твердости;
- металлографический анализ;
- рентгеноструктурный анализ.

Исследования проводили в соответствии со следующим планом:

1. Определение стойкости твердосплавного инструмента без дополнительной термической и статистическая обработка результатов измерений (на примере твердосплавных чашечных резцов при обработке бандажей колесных пар тепловоза).

2. Термическая обработка образцов из твердого сплава Т14К8.

3. Определение механических свойств и проведение испытаний на стойкость термообработанных образцов из твердого сплава Т14К8 при резании.

Определение стойкости твердосплавного инструмента без дополнительной термической и статистическая обработка результатов измерений (на примере твердосплавных чашечных резцов при обработке бандажей колесных пар тепловоза).

Резцы работают по секторам (при износе одного сектора резец поворачивают на 180° и работает другой сектор). Зависимость между количеством проточенных бандажей до 1-го поворота N_1 и до полного износа N_2 варьируется в значительных пределах. С учетом того, что резцы при точении 1-ым и 3-им сектором иногда разрушаются хрупко и это делает их дальнейшее использование невозможным (таким образом, внося случайный фактор в величину N_2), в дальнейшем обрабатывался только ряд данных N_1 .

После испытаний 28 твердосплавных чашечных резцов средняя стойкость до первого поворота составляет одиннадцать бандажей. Для определения и анализа стойкости резцов прибегают к математической статистике. При выполнении расчета принимаем, что полученные в результате наблюдений значения случайной величины (количество обработанных бандажей одним резцом) в упорядоченном виде, то есть расположенные по мере возрастания количества обработанных бандажей, представляют собой вариационный ряд. Вариационный ряд – первый этап статистической обработки данных наблюдений, в результате которого мы получаем представление о границах изменения случайной величины.

Перед построением эмпирической и теоретической интегральных функций распределения необходимо построить гистограмму и полигон испытаний.

При построении гистограммы на горизонтальной оси графика откладывают значения,

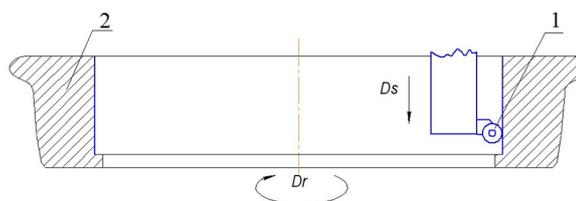
соответствующие порядковым номерам исследуемых резцов, а по вертикальной – количество обработанных одним резцом бандажей.

В ходе испытаний определили статистическим методом средний показатель стойкости резцов (рисунок 3).

Более полное описание изменчивости случайной величины в пределах наблюдения при определенных условиях испытаний осуществляется при помощи ряда распределения.

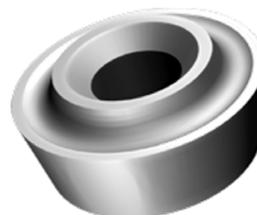
Ряд распределения характеризуется следующей особенностью: ресурс резца T принимает различные значения $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$; каждое из этих значений имеет некоторую частоту (повторяемость) m_i , то есть $m_1, m_2, m_3, m_4, \dots, m_n$ и частоту (опытную вероятность) $P_{оп_i}$, которая определяется по следующей формуле:

$$P_{оп_i} = \sum \frac{m_i}{N} \quad (1.1)$$



1 – чашечный резец; 2 – бандаж

Рисунок 1. Схема точения внутренней поверхности бандажки чашечным резцом



а – внешний вид (фотография)



б – сколы резца при резании

Рисунок 2. Чашечный резец RPUX 2709 M0 TN

где N – общее число отмеченных значений переменной величины T .

Ряд распределения ресурса работоспособности резцов Т14К8 представлен в таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что вероятность обработки одним резцом четырех бандажей составляет 1,75. Вероятность обработки семи бандажей – 0,28 (рисунок 4). Это приближенная оценка работы ресурса резцов. Для уточнения этого значения определяем средний ресурс работоспособности резцов по следующей формуле:

$$T_p = \sum T_{ci} \frac{m_i}{N} \quad (1.2)$$

где T_{ci} – середина интервала, ч.

Для твердосплавных резцов марки Т14К8 T_p составляет 8,25 или восемь обработанных бандажей.

По результатам расчетов получили, что среднее значение показателя эксплуатационной стойкости составляет восемь бандажей колесных пар для твердосплавных резцов марки Т14К8.

Одним из наиболее распространенных методов повышения эксплуатационных свойств твердых сплавов является термическая обработка [1]

Термическую обработку чашечных резцов из твердого сплава Т14К8 проводили в следующей последовательности: предварительный

подогрев до температуры 100–150 °С, в течение 5 минут, нагрев в соляной ванне при температуре 850 °С – 3 минуты, окончательный нагрев при температуре 1150 °С – 3 минуты. Составы ванн и интервалы рабочих температур принимали следующие:

- а) 28% NaCl+72% BaCl₂; T=800 °С – 1100 °С;
- б) BaCl₂; T=900–1300 °С;
- в) 50% KNO₂+50% NaNO₃; T=245 °С – 535 °С.

Термическая обработка чашечных резцов Т14К8, проведенная по данным режимам, приведена в таблице 2.

Результаты исследований

После закалки и отпуска проводилось измерение твердости по Виккерсу. Зависимость твердости чашечных твердосплавных резцов марки Т14К8 от режимов термической обработки показана в таблице 3. Твердость исходных чашечных резцов из твердого сплава Т14К8 составила (после измерения по трем точкам) 1360 НV (доверительный интервал составляет 10%).

Анализ результатов, приведенных в таблице 3 показал, что после термической обработки у всех закаленных образцов произошло незначительное повышение твердости в 1,03–1,04 раз, стойкость резцов возросла в 1,3–1,5 раза. Лучший режим термообработки для чашечных твердосплавных резцов марки Т14К8 – предварительный нагрев у ванны до температуры 100–150 °С, в течение 5 минут, подогрев в ванне при температуре 850 °С – 3 минут, T_3 – 1150 °С – 3 мин, закалка в масле И–20 60–80 °С, T_0 – 550–600 °С – 15 мин, затем охлаждение на воздухе, стойкость резцов до первого поворота возросла до 18 штук.

Образцы для микроанализа шлифовались с алмазной пастой ВМ 125/100 ГОСТ 25593–83. Травителем был выбран щелочной раствор натрия (NaOH) и красной кровяной соли (K₃[Fe(CN)₆]) [1]. Структура чашечных резцов после термообработки определяли на металлографическом микровизоре μVIZO-MET (рисунок 5). При измерении величины зерна, использован метод хорд.

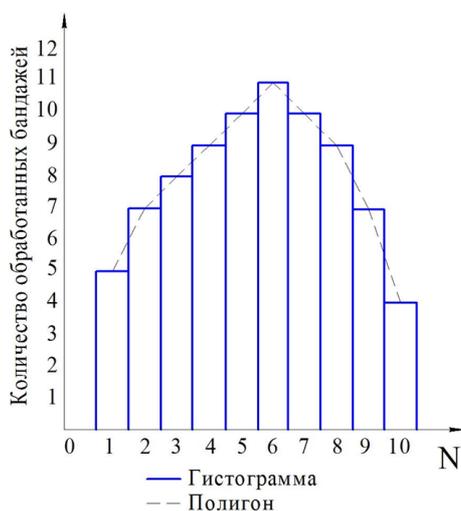


Рисунок 3. Гистограмма и полигон испытания твердосплавного резца Т14К8

Таблица 1. Ряд распределения ресурса работоспособности резцов

Количество бандажей, T	5	7	8	9	10	11	10	9	7	4
Повторяемость, m	1	2	1	2	2	1	2	2	2	1
Частоты, P _{оп}	0,2	0,28	0,125	0,22	0,2	0,09	0,2	0,22	0,28	1,75

Рентгеноструктурный анализ проводился на минидифрактометре МД10. Был проведен качественный и количественный фазовый анализ. Исследования проводились по схеме Дебая-Шеррера при фиксированных положениях источника излучения и ПЧД в монохроматическом излучении. Дифракционный спектр одновременно регистрировался детектором диапазоне углов от 15° до 70° и от 65° до 120° по 2°. Рентгеноструктурные исследования показали, что термическая обработка твердого сплава марки Т14К8 в соляных печах-ваннах не приводит к изменению его фазового состава (рисунки 6, 7). В результате термической обработки имеет место частичное растворение WC в TiC и изменения параметров решетки.

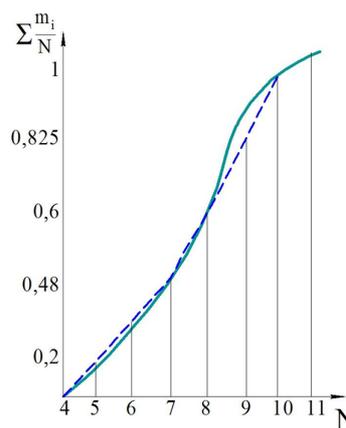


Рисунок 4. Эмпирическая (пунктиром) и теоретическая интегральные функции распределения ресурса твердосплавного резца Т14К8

Таблица 2. Режимы термической обработки чашечных твердосплавных резцов марки Т14К8

№ режима	Стадии обработки									
	1		2		3			4		
	Предварительный нагрев у ванны, T [C]	Время выдержки, t, мин	Подогрев в ванне, T [C]	Время выдержки, t мин	Окончательный нагрев в ванне, T °C	Время выдержки, t мин	Охлаждающая среда,	Отпуск, T [C]	Время выдержки, t мин	Охлаждающая среда
1	100-150	5	850	3	1150	3	воздух, нормализация	—	—	—
2	100-150	5	850	3	1150	3	масло И-20 60-80	—	—	—
3	100-150	5	850	3	1150	3	масло И-20 60-80	350	15	воздух
4	100-150	5	850	3	1150	3	масло И-20 60-80 -	550	15	воздух
5	100-150	5	850	3	1150	3	воздух	800	15	воздух

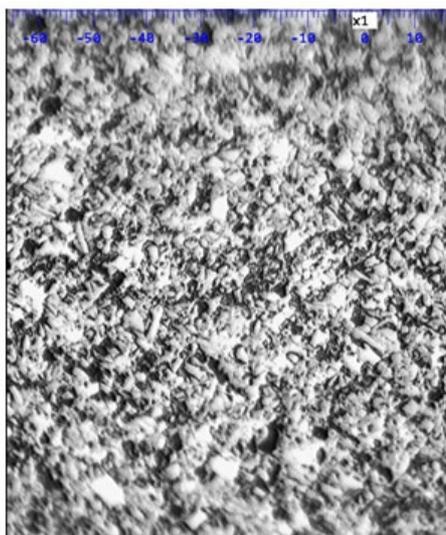
Таблица 3. Зависимость твердости и износа от режимов термообработки

№ образца	Твердость, HV		Средняя стойкость резцов до 1 поворота, шт
	После закалки	Термо-обработанные с отпуском	
1	1420	—	12
2	1400	—	13
3	1425	1407	13
4	1410	1360	18
5	1405	1350	17
исход	—	—	11

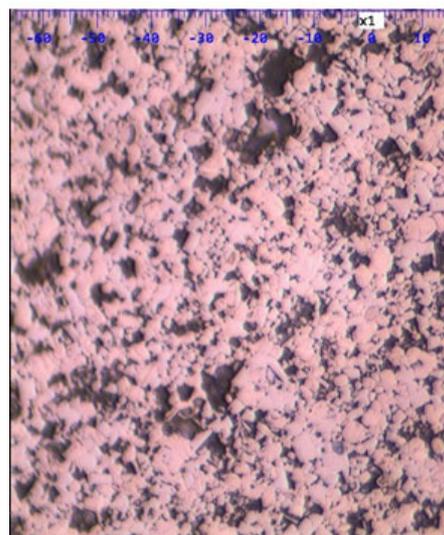
Микронапряжения в твердых сплавах, возникающие при охлаждении в результате разницы коэффициентов термического расширения фаз, были классифицированы как термические микронапряжения. Они могут быть измерены методом рентгеноструктурного анализа путем сравнения межплоскостных расстояний решеток карбида вольфрама и кобальтовой фазы твердого спеченного сплава в напряженном и ненапряженном состоянии.

Смещение пиков линий WC или кобальтовой фазы характеризует уменьшение средней величины микронапряжений в данной фазе. Суммирование средней величины напряжений (рассчитанной по смещению линий) и их дисперсии (рассчитанной по ширине линий) позволяет оценить максимальную величину напряжений.

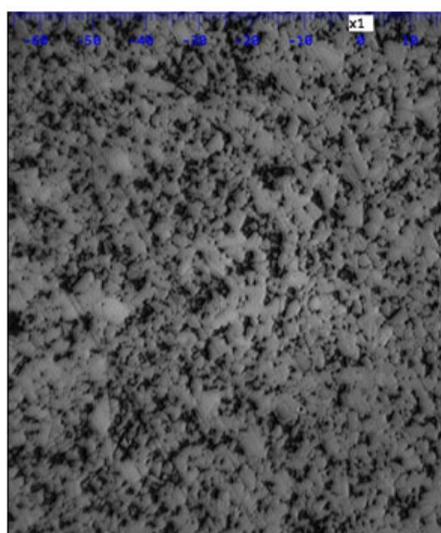
На основании проведенных исследований по термической обработке образцов из твердого сплава T14K8 установлено, что термообра-



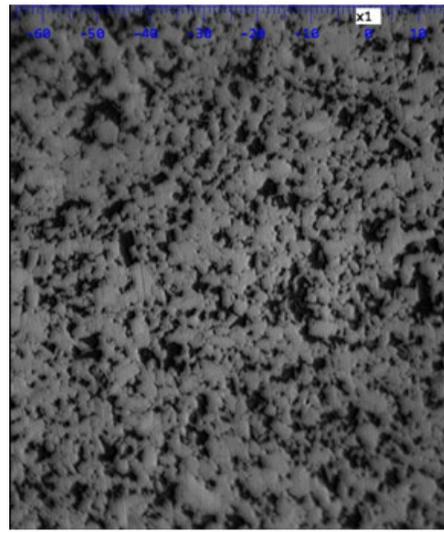
а) исходный, размеры карбидных включений TiC и WC 4 – 5 мкм, x1000,



б) $T_{\text{н}} 150\text{ }^{\circ}\text{C}/5\text{ мин} - 850\text{ }^{\circ}\text{C}/3\text{ мин} - 1150\text{ }^{\circ}\text{C}/3\text{ мин} -$ нормализация, размеры карбидных включений TiC и WC 2 – 4 мкм

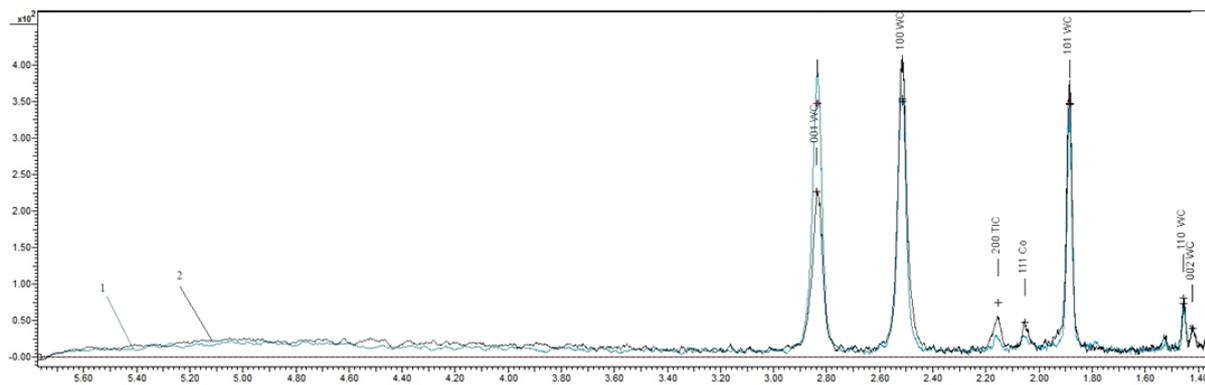


в) $T_{\text{н}} 150\text{ }^{\circ}\text{C}/5\text{ мин} - 850\text{ }^{\circ}\text{C}/3\text{ мин} - 1150\text{ }^{\circ}\text{C}/3\text{ мин} -$ закалка + отпуск 550-600 $^{\circ}\text{C}$, размеры карбидных включений TiC и WC 2 – 3 мкм



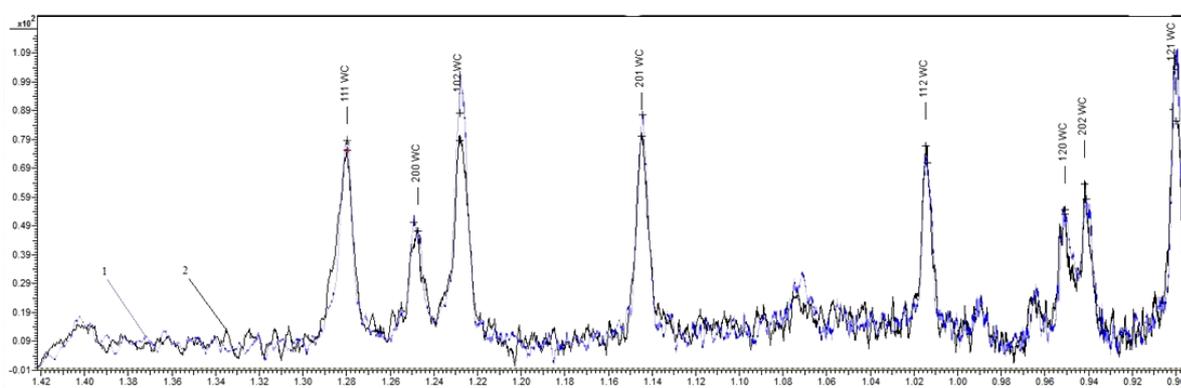
г) $T_{\text{н}} 150\text{ }^{\circ}\text{C}/5\text{ мин} - 850\text{ }^{\circ}\text{C}/3\text{ мин} - 1150\text{ }^{\circ}\text{C}/3\text{ мин} -$ закалка + отпуск 800 $^{\circ}\text{C}$, размеры карбидных включений TiC и WC 1 – 2 мкм

Рисунок 5. Микроструктуры чашечных резцов после различных режимов термообработки, x1000



1 – до термообработки, 2 – после термообработки (режим 4)

Рисунок 6. Фрагмент дифрактограммы чашечных резцов Т14К8, диапазон углов от 15° до 70°, цифры у пиков – межплоскостные расстояния



1 – до термообработки, 2 – после термообработки (режим 4)

Рисунок 7. Фрагмент дифрактограммы чашечных резцов Т14К8, диапазон углов от 65° до 120°, цифры у пиков – межплоскостные расстояния

ботка приводит к увеличению стойкости чашечных резцов при точении до 1,3 раза, а при некоторых режимах и до 1,6 раз (доверительный интервал 10%), а также незначительное увеличение твердости.

Для чашечных резцов удовлетворительные результаты получились при режиме №4: пред-

варительный нагрев у ванны до температуры 100–150 °С, в течение 5 минут, подогрев в ванне при температуре 850 °С – 3 минуты, T_3 – нагрев 1150 °С – 3 минуты, закалка в масле И–20 60–80 °С, T_0 – 550 – 600 °С – 15 минут, затем охлаждение на воздухе, стойкость резцов до первого поворота возросла на 63%.

15.10.14

Работа выполнена при финансовой поддержке программы

«Кадры для регионов»: Совершенствование подготовки кадров при приоритетных направлениях развития экономики Оренбургской области на основе кластерной модели.

Список литературы:

1. Методы повышения эксплуатационных свойств твердосплавного режущего инструмента / С.И. Богодухов [и др.]. – ФГБОУ ВПО ОГУ. – Оренбург, 2013. – 24 с. – Деп. в ВИНТИ 29.05.2013 №156-В2013.
2. Панов, В.С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них / В.С. Панов, А.М. Чувилин. – М.: МИСИС, 2001. – 428 с.
3. Бондаренко, В.А. Обеспечение качества и улучшение характеристик режущих инструментов / В.А. Бондаренко, С.И. Богодухов. – М.: Машиностроение, 2000. – 141 с.
4. Лошак, М.Г. Упрочнение твердых сплавов / М.Г. Лошак. – К.: Наукова думка, 1997. – 142 с.
5. Солосина, Е.В. Определение фазового состава порошков с использованием рентгеновского дифрактометра МД10 ЭФА / Е.В. Солосина, А.О. Стрижов // VI Всероссийская научно-практическая конференция Компьютерная интеграция произ-

- водства и ИПИ-технологии: Материалы VI Всероссийская научно-практическая конференция.– Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013.– С. 206–208.
6. Упрочнение поверхности низкоуглеродистой стали самофлюсующимися твердыми сплавами / Е.В. Солосина [и др.] // Заготовительные производства в машиностроении, 2014. – №3. – С. 38–40.
7. Коррозионная стойкость низкоуглеродистых сталей с гальваническими покрытиями / Е.В. Солосина [и др.] // Вестник Оренбургского государственного университета: Оренбург, 2013. – N 1. – С. 182–186.
8. Термическая обработка твердого сплава Т14К8 / Е.В. Солосина [и др.] // Заготовительные производства в машиностроении. – 2012. – №12. – С. 41–44.
9. Пат. №2491355 Российская Федерация. Способ термической обработки изделий типа штоков / Е.В. Солосина [и др.] // заявитель и патентообладатель Оренбургский государственный университет (RU)

Сведения об авторах:

Богодухов Станислав Иванович, заведующий кафедрой материаловедения и технологии материалов Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, профессор,
e-mail: ogu@mailgate.ru

Козик Елена Станиславовна, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук,
e-mail: ele57670823@yandex.ru

Шейнин Борис Менделевич, старший преподаватель кафедры материаловедения и технологии материалов Оренбургского государственного университета

Свиденко Екатерина Валерьевна, аспирантка кафедры материаловедения и технологии материалов Оренбургского государственного университета, e-mail: ele57670823@yandex.ru

Стрижов Артем Олегович, ведущий инженер кафедры материаловедения и технологии материалов Оренбургского государственного университета, e-mail: artemstrizhov@mail.ru

460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, ауд. 1206, тел. (3532) 372511, e-mail: matm@mail.osu.ru