



Научная статья
2.6.17 - Материаловедение (технические науки)
УДК 541.64:546.65:535.37

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.020

 EDN: MMIQVT

МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИЙ ПОДХОД К ТЕХНОЛОГИИ ЧЕКАНКИ МОНЕТ «PROOF» КАЧЕСТВА. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СПЛАВОВ СЕРЕБРА И УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗЕРКАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА МОНЕТАХ

Николай Иванович Мозговой ¹, Вадим Евгеньевич Степанов ²

^{1,2} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ nick_3@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4782-6355>

² vadim_stepanov_92@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9073-5427>

Аннотация. Существуют выпуски монет из драгоценных металлов коллекционного и инвестиционного назначения. По особенностям технологического процесса чеканки монеты делятся на две основные группы: 1) исполненные в качестве "пруф" (англ.: "proof", или "пруф-лайк"); 2) исполненные в обычном качестве "анциркулейтед" ("АЦ", англ.: uncirculated.) или улучшенном "бриллиант-анциркулейтед ("БА") качестве.

Качество чеканки монет «пруф» – это самое высокое качество чеканки монет, достигаемое путем применения при их производстве специальных станков и особых способов обработки заготовок и чеканочного инструмента.

Технология «пруф» предусматривает применение нескольких нажатий чеканочного штемпеля на одну и ту же поверхность монетной заготовки на чеканочных прессах, развивающих на инструменте давление в сотни тонн. Монеты качества «пруф» имеют совершенно ровную зеркальную поверхность поля и, как правило, контрастирующий с ним, матированный рисунок рельефа. Рельеф должен быть чётким, с хорошо видимыми мельчайшими деталями. Такие монеты имеют, как правило, сложный по композиции, многоплановый рисунок. На монетах не должно быть видимых невооружённым глазом царапин, насечек, заусенец, мельчайших неровностей поверхности поля (например, волнистых или напоминающих апельсиновую корку участков).

В целях предотвращения дефекта «апельсиновая корка» была разработана методика макро- и микроанализа структуры первоначального слитка сплава серебра и способ легирования слитка беррилем.

Ключевые слова: монеты, качество чеканки, пруф, серебро, сплав серебра.

Для цитирования: Мозговой, Н. И., Степанов, В. Е. Материаловедческий подход к технологии чеканки монет «PROOF» качества. Исследование структуры сплавов серебра и улучшение качества зеркальной поверхности на монетах // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 145 – 152. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.020. EDN: <https://elibrary.ru/mmiqvvt>.

Original article

MATERIAL SCIENCE APPROACH TO THE TECHNOLOGY OF MINTING "PROOF" QUALITY COINS. STUDY OF SILVER ALLOYS STRUCTURE AND IMPROVEMENT OF MIRROR SURFACE QUALITY ON COINS

Nikolay I. Mozgovoy¹, Vadim E. Stepanov²

^{1,2} Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ nick_3@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4782-6355>

² vadim_stepanov_92@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9073-5427>

Abstract. *There are issues of coins made of precious metals for collection and investment purposes. Coins are divided into two main groups according to their mintage process: 1) those executed in "proof" quality; 2) those executed in regular "uncirculated" quality or improved "diamond-uncirculated" quality.*

The Pruf mintage is the highest quality of minted coins and is achieved by means of special machines and special ways of minting tools.

The proof technology includes several pressings of the mint stamp on the same surface of the coin billet on the minting presses, developing a pressure of hundreds of tons on the tool. The proof quality coins have a perfectly flat, mirror-like surface of the field and, as a rule, a matted relief pattern contrasting with it. The relief must be clear, with the finest details clearly visible. Such coins have, as a rule, a complex composition, multidimensional picture. There should be no scratches, notches, burrs or the smallest irregularities of the field surface (e.g. wavy or orange peel-like areas) visible to the naked eye on the coins.

In order to prevent the "orange peel" defect, a method of macro- and micro-analysis of the structure of the original silver alloy ingot and a method of alloying the ingot with beryllium were developed.

Keywords: *coins, minting quality, proof, silver, silver alloy.*

For citation: Mozgovoy, N. I., Stepanov, V. E. (2022). Material science approach to the technology of minting "proof" quality coins. study of silver alloys structure and improvement of mirror surface quality on coins. *Polzunovskiy vestnik*, 2, 145-152. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.020.

ВВЕДЕНИЕ

Для получения ровной зеркальной поверхности на монетах «пруф» качества была разработана методика анализа макро- и микроструктуры и определения рейтинга качества слитков сплава СrМ 925 по инородным включениям и пористости. Производят монеты «пруф» качества из сплава СРМ.

Многие монетные дворы и частные компании производят изделия из сплава СrМ 92,5 различной массы, высотой гравюры и диаметра. Стерлинговое серебро на 92,5 % состоит из чистого серебра, остальное – медь. Наличие меди приводит к повышению твердости сплава для сочетания высоких эксплуатационных качеств и внешнего вида изделия. Однако в результате хранения коллекционных монет из серебра на их поверхности образуются зоны потускнения различной пло-

щади и оттенков. В зоне потускнения серебряных монет обнаруживают, кроме О, С, S, также следы Fe, Mg, Na, что указывает на внешнее загрязнение [1–3, 13].

По полученным результатам также указывается, что за потускнение серебряных монет также ответственно присутствие серы, в результате образуются соединения Ag₂S, AgCl и др. Защита серебряных изделий от потускнения в процессе эксплуатации является весьма актуальной задачей.

В равной степени актуальной задачей является получение ровной зеркальной поверхности на изделиях.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Была разработана схема отбора и маркировки образцов. Образцы для анализа отбираются от каждой кампании плавок в сле-

**МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИЙ ПОДХОД К ТЕХНОЛОГИИ ЧЕКАНКИ МОНЕТ «PROOF» КАЧЕСТВА,
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СПЛАВОВ СЕРЕБРА И УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗЕРКАЛЬНОЙ
ПОВЕРХНОСТИ НА МОНЕТАХ**

дующем порядке. От первого, среднего и последнего слитка кампании по ходу разливки металла на фрезерном станке дисковой фрезой вырезают (из середины слитка) по одному темплету [4–7, 14, 16]. Темплеты представляют собой бруски полного сечения вытягиваемого слитка размерами 150x20 мм и шириной 30 мм (рисунок 1). Далее на фрезерном станке твердосплавной фрезой фрезеруется две поверхности темплетта: 1 лицевая и 1 торцевая. Вырезанные и обработанные темплеты дополнительно разрезают на 3 образца размером около 45x20x18 мм (рисунок 1).

Не допускается разрезка на пресножницах, гильотинных ножницах и т.д., деформирующих поверхность слитка.

Образцы маркируют согласно нижеприведенной схеме. Маркировку наносят краской (маркером) на поверхность, противополож-

ную отфрезерованной лицевой поверхности.
Технология получения: А – Х
Год выпуска (последние 2 цифры года) – XX
Номер слитка (трехзначный) – XX/X
Номер переходного слитка (четырёхзначный) – XX–XX
– XX–XX
Место отбора темплетта: Н (начало слитка), С (середина), К (конец)
– Х
Порядковый № образца слева направо относительно направления вытяжки слитка (при разрезке на образцы для микроанализа) – Х.

XXX-XX/X XX

Пример: Образец № 2, вырезанный от середины слитка № 88/2, полученного в 2021 г непрерывным литьем на УНЛ Вертли: B05-97/1C2.

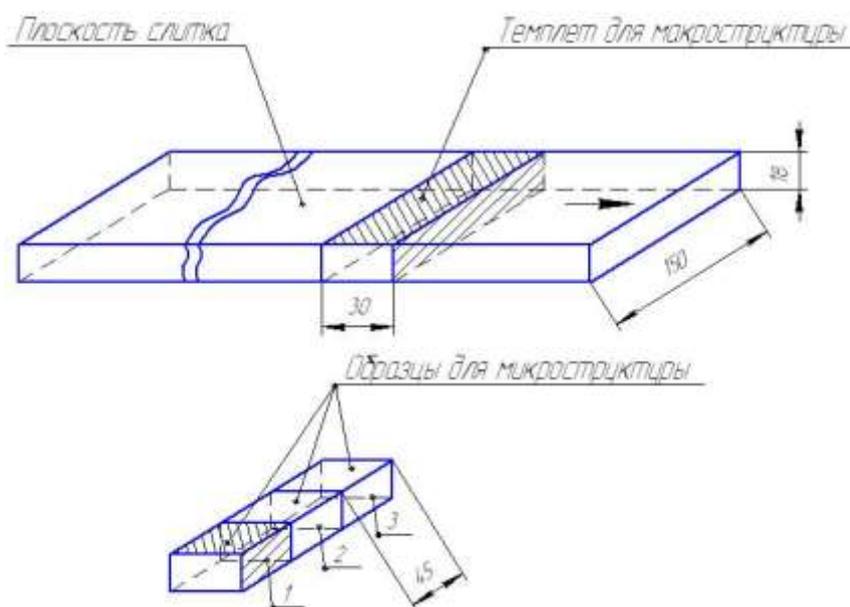


Рисунок 1 – Схема раскроя слитка на темплеты и образцы для исследования макро- и микроструктуры

Figure 1 - Scheme of ingot cutting into templates and samples for macro- and microstructure research

МИКРОАНАЛИЗ

Микроанализ предназначен для обнаружения и оценки внутренних дефектов в сплаве: инородных (неметаллических) включений и пористости.

Подготовка образцов

Подготовку образцов из сплава SrM 925 проводят на алмазных пастах (шлифовальных шкурках). Комплект алмазных паст

(шлифовальных шкур) для подготовки образцов должен быть следующим: 1–20 мкм.

Алмазную пасту наносят на сукно. Для каждого номера алмазной пасты должно быть отдельное сукно. При шлифовании на каждом виде пасты образец держать в одном положении. При переходе с одного номера алмазной пасты на другой необходимо изменить направление обработки поверхности на 90°. Недопустим переход от грубого шлифования к тонкому полированию, так как грубые штрихи от предыдущей обработки забиваются

мелким абразивом, что создает ложное впечатление о наличии дефектов. К моменту окончания полирования на образце не должно оставаться рисок от предыдущей операции. Скорость вращения круга может изменяться в значительных пределах. Для мягких металлов следует устанавливать скорость не более 200 об/мин, а также использовать сукно с невысоким ворсом. Давление на образец должно быть небольшим, но достаточным, для обеспечения резки абразивом поверхности (60–120 Н). Усилие на образец подбирается таким образом, чтобы не допускать разогрева образца. Подготовка образца должна осуществляться в течение 15–20 мин.

Для промежуточной промывки образца использовать спирт или бензин.

Аналогичные действия проводятся при полировке с помощью шлифовальной шкурки.

При отсутствии полировального станка вышеуказанные действия проводят вручную.

Определение внутренних дефектов

Определение рейтинга микроструктурной чистоты.

Определение качества сплава по внутренним дефектам проводится на нетравленных образцах посредством визуального изучения поверхности шлифа и подсчета количества включений.

Включения, которые выявляются в сплаве SrM 925, подразделяются по видам (рисунок 2):

- «светлые», предположительно алюмосиликаты;
- «серые», предположительно карбиды;
- «черные», предположительно углерод (графит, уголь).



а) «Черное» включение



б) «Серое» включение



в) «Светлое» включение

Рисунок 2 – Виды включений, которые выявляются в сплаве SrM 925

Figure 2 -Types of inclusions that are detected in alloy SrM 925

МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИЙ ПОДХОД К ТЕХНОЛОГИИ ЧЕКАНКИ МОНЕТ «PROOF» КАЧЕСТВА. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СПЛАВОВ СЕРЕБРА И УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗЕРКАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА МОНЕТАХ

МИКРОАНАЛИЗ

Внешний вид инородных включений представлен на образцах-эталонах или на фотографиях образцов эталонов.

Включения, которые выявляются в сплаве SrM 925, подразделяются по размерам:

- 1 группа «крупные» – включения размером 20–40 мкм;

- 2 группа «средние» – включения размером 10–20 мкм;

- 3 группа «мелкие» – включения размером 2–10 мкм.

Оценку загрязненности каждого шлифа проводить по 10 полям на лицевой и по 10 полям торцевой поверхности при увеличении $\times 200$ (рисунок 3).

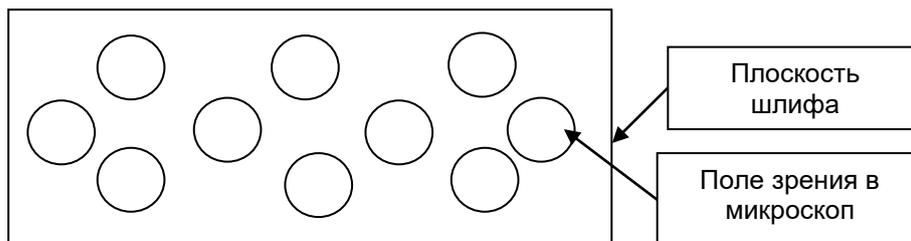


Рисунок 3 – Схема размещения полей на шлифе образца для оценки загрязненности сплава SrM 925

Figure 3 - Scheme of placing the fields on the specimen slate to assess the contamination of the alloy SrM 925

Определить относительную долю площади, занятой включениями размером от 2 до 40 мкм с учетом вида включений. Включения размером 2 мкм не учитывать.

На каждом поле определить количество включений по группам и занести результаты в маршрутную карту. В случае, если появляются включения размером более 40 мкм, в маршрутной карте увеличивают количество групп в зависимости от максимальных размеров включений в металле.

Для определения размера включения необходимы микрометр и окуляр, оснащенный измерительной линейкой. С помощью микрометра определяют цену деления окулярной шкалы. Для этого устанавливают микрометр на предметный столик микроскопа блестящей поверхностью вниз (то есть поверхностью, на которую нанесена линейка). Накладывая одну линейку на другую, определяют цену деления окулярной шкалы при данном увеличении (x):

$$C_{(x)} = \frac{e * 10}{a}$$

где e – число делений на микрометре;

a – число делений на окулярной шкале;

10 – цена деления микрометрической линейки, мкм.

Аналогичные измерения производят для всех увеличений и составляют шаблон для простоты и оперативности подсчета. Зная цену деления окулярной шкалы при определенном увеличении, можно с высокой точностью определить размер включения или по-

ры. Для микроскопа «Axiovert 200MAT» используют следующий шаблон.

Таблица 1 – Цена деления окулярной шкалы при разных увеличениях

Table 1 - Ocular scale graduation value at different magnifications

Цена деления при увеличениях	Значение цены деления шкалы, мкм
C_{25}	66,67
C_{50}	33,33
C_{100}	16,39
C_{200}	8,2
C_{500}	3,3
C_{1000}	1,64

Размер включения определяется по формуле:

$$d_{CP} = (a_1 + a_2) / 2 * C_{(x)},$$

где a_1 – размер включения по вертикали, мкм;

a_2 – размер включения по горизонтали, мкм.

Площадь включения округлой формы определяют по формуле:

$$S = \pi d_{CP}^2 / 4.$$

Загрязненность шлифа (N) оценивают как отношение площади, занимаемой включениями, к площади просматриваемой поверхности и определяют по формуле:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^{10} S_i}{S * 10}$$

где S_i – общая площадь, занимаемая включениями на i -поле, мкм;

i – количество полей просмотра;

S – общая площадь просмотра, мкм².

При установлении рейтинга микроструктурной чистоты пользоваться данными, приведенными в таблице 2.

Таблица 2 – Рейтинг микроструктурной чистоты

Table 2 - Microstructure purity rating

Загрязненность $\times 10^{-2}$, %	Рейтинг
0	R-1
0-1	R-2
1-2	R-3
2-3	R-4
3-5	R-5

Пример заполнения маршрутной карты по определению микроструктурной частоты (рейтинг загрязненности) образца сплава CrM 925 приведен на рисунке 4.

Определение пористости

Пористость также выявляется при анализе нетравленных шлифов на заключительной стадии полировки образца. Пористость определять аналогично определению рейтинга загрязненности и фиксировать в маршрутной карте, аналогичной карте для определения рейтинга загрязненности. При этом отмечать количество и размер пор (без учета вида пор), определять рейтинг пористости.

Номер слитка	Шифр образца	Увеличение	Площадь поля, мкм ²	Вид включения	Кол-во полей	Кол-во включений в группе / средний размер		
						2-8 мкм	10-20	20-40
						5	15	30
53/3	К3	$\times 200$	949850	свет	10	1		
	поперек			серое		14	1	
				черное		31		
Итого вкл:						46	1	0
Площадь, занимаемая включениями, мкм ²						902,75	176,63	0,00
Общая площадь, мкм ²								1079,38
Загрязненность немет. вкл, $\times 10^{-2}$, %								1,14
Рейтинг загрязненности								R-3

Рисунок 4 – Фототаблица маршрутной карты по определению рейтинга загрязненности образца B06-53/3K3

Figure 4 - Photo table of the route map for determining the contamination rating of sample B06-53/3K3

МАКРОАНАЛИЗ

Макроанализ сплава CrM 925 предназначен для определения:

- структурной неоднородности, наличия зон с мелко- и крупнокристаллической структурой, столбчатой структурой;

- грубых нарушений сплошности металла, усадочной раковины, пористости, подкорковых пузырей, межкристаллитных трещин, возникших при обработке давлением и термической обработке;

- химической неоднородности, которая может возникать при нарушениях процесса плавки.

Подготовка образцов

Для изучения макроструктуры используют образцы после изучения микроструктуры.

Поверхность образцов обезжирить спиртом и высушить фильтровальной бумагой или медицинской ватой.

150

Протравить образцы в растворе следующего состава:

- перекись водорода 9 % – 300 мл;
- аммиак 25 % – 500 мл.

Травление проводить в вытяжном шкафу при включенной вентиляционной системе. Температура травления 25–30 °С. Раствор травления должен быть свежеприготовленным. Образцы погрузить в травильный раствор. Объем раствора травления должен превышать объем образца в 10 раз. Время травления 15 мин. Травление протекает активно с выделением тепла.

После травления образец тщательно промыть в проточной воде, не касаясь руками травленной поверхности, протереть спиртом, высушить фильтровальной бумагой.

Анализ макроструктуры

Выявленную в результате травления макроструктуру сфотографировать. Поверхность шлифа осмотреть визуально или с применением небольших увеличений до $\times 25$.

МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИЙ ПОДХОД К ТЕХНОЛОГИИ ЧЕКАНКИ МОНЕТ «PROOF» КАЧЕСТВА. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СПЛАВОВ СЕРЕБРА И УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗЕРКАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА МОНЕТАХ

Описание макроструктуры сделать при визуальном анализе макроструктуры шлифа или по ее фотографии. Оценить наличие, величину зон мелкозернистой, столбчатой и крупнозернистой структуры. Размер кристаллитов (минимальный, средний, максимальный) в каждой зоне подсчитывается с помощью окулярной шкалы бинокулярной лупы БЛ-2-1. Полученные результаты макроанализа заносятся в паспорт и сравниваются с макроструктурой образцов-эталонов.

ВЫВОДЫ

Обобщая полученные результаты исследования по разработанной методике, можно резюмировать, что существенное влияние на количественные и качественные показатели оказала технология чеканки монет «proof» качества и исследование структуры сплавов серебра, которые привели к улучшению качества зеркальной поверхности на монетах.

Разработанная методика позволяет:

- 1) определить заранее, какой слиток и с какими физико-химическими свойствами необходимо брать в дальнейшее производство серебряного проката и далее монетных заготовок, что значительно снижает производственные потери при производстве монет и монетовидных изделий «пруф» качества;
- 2) планировать дальнейшую термическую обработку монетных заготовок, что влияет на качество зеркальной поверхности данных изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алхимия денег : Александр Свет. Санкт-Петербург, Амрита-Русь, 2006. 128 с.
2. Вязельщиков В. «Бронзовые разменные монеты» История конкурса 1925 г. на новые изображения бронзовых монет. Чеканка бронзовых монет в 1925–1926 гг. Советский коллекционер, 1929. № 1–3.
3. Бакулин С.Б. Технологические расчеты процессов листовой штамповки / Науч.-техн. о-во машиностроит. пром.-ти. Обществ. ун.-т. Заоч. курсы усовершенствования ИТР по технологии холодной штамповки. Москва : [б. и.], 1964. 49 с. : черт.; 22 см.
4. Балин А.И., Веретеннова Т.Н. [и др.] Процесс чистовой вырубki и технологические смазки. Кузнечно-штамповочное производство, 1977. № 2.
5. Бебрис А.А. Определение усилия прижима при вытяжке // Изв. вузов. Машиностроение. 1963. № 3.
6. Бер В.И., Суяров Д.И. Выбор мощности кривошипного пресса для вырубki** пробивки в горячем состоянии (методом муаровых полос).

Информационный листок. Красноярск, ЦНТИ. 1977. № 170–77.

7. Богданов В.М. Холодная штамповка деталей по элементам в мелкосерийном производстве. М., 1963. 188 с.
8. Глейзер М. Выпуск медных монет СССР // Петербургский коллекционер. № 5 (26). 2003.
9. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г., Елютин А.В., Захаров А.М. Ниобий и тантал. М. : Металлургия, 1990. 296 с.
10. Мозговой Н.И., Мозговая Я.Г., Пашкова Е.А. Экспериментальные исследования внутренних дефектов пластичных материалов методом неразрушающего контроля. Инновации в машиностроении : материалы VII международной науч.-практ. конф. 23–25 сентября 2015 г. Кемерово : КузГТУ, 2015. С. 512–515.
11. Мозговой Н.И., Мозговая Я.Г. Разработка программно-аппаратного комплекса для контроля внутренних дефектов и остаточного ресурса инженерных конструкций и Агротехника и энергообеспечение. Обработка металлов. № 4 (73). 2016. С. 6–15.
12. Мозговой Н.И. Совершенствование технологии изготовления вырубного штампового инструмента для изготовления деталей для сельскохозяйственной техники. Инновации в сельском хозяйстве. № 4 (25). 2019. С. 110–120.
13. Святловский В.В. Происхождение денег и денежных знаков. Москва, Красанд, 2010. 136 с.
14. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. Л. : Машиностроение, 1979. 520 с.
15. Савицкий Е.М., Бурханов Г.С., Поварова К.Б. [и др.]. Тугоплавкие металлы и сплавы. М. : Metallurgy, 1986. 352 с.
16. Смолин Е.Л. Основы конструирования штамповой оснастки : учеб. пособие для вузов. Тольятти : ТГУ, 2004. 44 с.

Информация об авторах

Н. И. Мозговой – кандидат технических наук, доцент кафедры технология машиностроения, факультет специальных технологий.

В. Е. Степанов – магистрант кафедры технологии машиностроения, факультет специальных технологий.

REFERENCES

1. The Alchemy of Money (2006). Alexander Light. St. Petersburg, Amrita-Rus. (In Russ.).
2. Vyazelshchikov, V. (1929). Bronze Change Coins History of the 1925 contest. For new images of bronze coins. Minting of bronze coins in 1925-1926. "SovietCollector #1-3". (In Russ.).
3. Bakulin, S.B. (1964). Technological calculations of sheet stamping processes. Nauch.-techn. ovomashinosti. Univ. of Society. Correspondence courses for advanced training of engineers in cold stamping technology. Moscow. (In Russ.).
4. Balin, A.I. Veretenova, T.N. [et al.] (1977).

The process of finishing punching and technological lubricants. *Forging and Stamping Production*, (2). (In Russ.).

5. Bebris, A.A. (1963). Determination of pulling force. *Izv. Machine Building*, (3).

6. Ber, V.I. & Suyarov, D.I. (1977). *The choice of power of a crank press for felling** punching in a hot state (by the moiré stripe method)*. Information sheet. Krasnoyarsk, CSTI, (170-77). (In Russ.).

7. Bogdanov, V.M. (1963). *Cold stamping parts on the elements in small-scale production*. Moscow. (In Russ.).

8. Glaser, M. (2003). Issue of copper coins of the USSR. *Petersburg Collector*, 5 (26).

9. Zelikman, A.N., Korshunov, B.G., Yelyutin, A.V. & Zakharov, A.M. (1990). Niobium and tantalum. Moscow: Metallurgy. (In Russ.).

10. Mozgovoy, N.I., Mozgovaya Ya.G. & Pashkova, E.A. (2015). Experimental studies of internal defects of plastic materials by nondestructive testing. Innovations in mechanical engineering. *Materials of the VII international scientific - practical conf. 23-25 September 2015*. KuzSTU : Kemerovo, 512-515. (In Russ.).

11. Mozgovoy, N.I. & Mozgovaya, Ya.G. (2016). Development of hardware-software complex to control internal defects and residual life of engineering structures and Agrotechnics and Power Supply. *Metalpro-*

cessing, 4 (73), С. 6-15. (In Russ.).

12. Mozgovoy, N.I. (2019). Improving the technology of manufacturing punching die tools for the manufacture of parts for agricultural machinery. *Innovation sinagri culture*, No. 4 (25), 110-121. (In Russ.).

13. Svyatlovsky, V.V. (2010). *Origins of money and money signs* : Moscow: Krasand. (In Russ.).

14. Romanovsky, V.P. (1979). *Handbook on cold stamping*. L. : Mashinostroenie. (In Russ.).

15. Savitsky, E.M., Burkhanov, G.S., Povarova, K.B. [et al.]. (1986). *Refractory metals and alloys*. Moscow : Metallurgy. (In Russ.).

16. Smolin, E.L. (2004). *Fundamentals of stamping tooling design: a textbook for universities*. Togliatti : TSU. (In Russ.).

Information about the authors

N. I. Mozgovoy - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Machine Building Technology, Polzunov Altai State Technical University.

V. E. Stepanov - student of the Department of Mechanical Engineering Technology, Faculty of Special Technologies, Polzunov Altai State Technical University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 06.05.2022; принята к публикации 17.05.2022.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 22; approved after reviewing on 6 May 22; accepted for publication on 17 May 22.