Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

Journal of Research on Archaeometry 2024; 10 (2); 45-66

Journal of Reserarch on Archaeometry

DOI: http://dx.doi.org/10.61882/jra.10.2.438

Original Paper Open Access

A Study of the Structural Features of 50-Dinar Coins Minted During the Second Pahlavi Era with Consideration of Iran's Economic Conditions Between 1943 and 1979

Saeed Safari[1], Majid Montazer Zohouri[2,*], Mohammad Ghorbani[3]

1. M.Sc student, Archaeology Department, Literature and Humanities Faculty, Tehran University, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Archaeology Department, Literature and Humanities Faculty, Tehran University, Tehran, Iran
3. Professor, Material Science and Engineering Faculty, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

Received: 2024/10/19 Accepted: 2024/12/19

Abstract

Various aspects of coins, including their material, purity, weight, and minting processes, reflect societies' economic, political, and social conditions throughout history, and it has been a continuous reality from antiquity to the present. In the contemporary era, particularly during the second Pahlavi period (1943–1979), nine different coins with various nominal values were minted in different forms and types. Among these, the 50-dinar coin stood out as one of the few minted almost continuously throughout this period. Therefore, investigating the material, weight, and minting mechanisms of different types of 50-dinar coins provides valuable insights into the country's conditions during the second Pahlavi era. The research revealed that the first type of 50-dinar coins, minted in 1943 from copper, was soon replaced due to poor corrosion resistance by a second type known as bronze coins. However, elemental analysis indicated that the alloy used in these coins was brass. The minting of these so-called bronze coins continued in two different weights until the mid-1970s. Eventually, rising inflation caused the metal's value to exceed the coin's nominal value, leading to a change in a coining production mechanism from normal rolling to roll bonding (sandwich rolling), which enabled the minting of coins with a low-value metal core (iron) and a surface composed of corrosion-resistant alloys (copper alloys).

Keywords:

Economy, Coin, Archaeometry, Second Pahlavi Era, Roll Bonding, Brass

* Corresponding Author: majidzohouri@ut.ac.ir

©2024 by the Authours.This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license)
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]

Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

Introduction

Throughout history, the material composition, purity, weight, and minting processes of coins have served as indicators of the economic, political, and social conditions of societies. This principle is not confined to any particular historical period, it has been a continuous reality from the ancient era to the present, for example, the levels of impurities were increased during the kingdom of Peroz I in the Sasanid dynasty due to internal and external conflicts (ancient era), the gold of eighth shia imam's dome was used for minting the coin to pay soldiers' wages during the kingdom of Nader's descendants, and even changing the materials, weight, and minting mechanism in the second Pahlavi period (contemporary era). In other words, the economic conditions of each government clearly reflect in the quality and type of coins that are minted by them. During the second Pahlavi era, which is examined in this study, nine different coins with various nominal values were minted in different forms and types. Among these, the 50-dinar coin emerged as one of the few coins minted almost continuously throughout this period. Therefore, investigating the material composition, weight, and minting mechanisms of different types of 50-dinar coins provides valuable insights into the government conditions during the second Pahlavi era. Based on the aforementioned explanation, studies have focused on various types of 50-dinar coins, including copper, bronze, and so-called sandwich 50-dinar, in order to establish a relationship between the different aspects of coins' quality and the economic conditions of Iran during the second Pahlavi era.Materials and Methods

Materials and Methods

To conduct laboratory analysis, several coins from three types of 50-dinar coins minted in different years were provided and separated into two distinct groups. the coin surfaces of the first group were thoroughly abraded using SiC grinding papers to prepare them for carrying out spark emission spectroscopy for determining their chemical composition. The second group of coins was first sectioned, then cold-mounted, and prepared for imaging using both optical and electron microscopy. Following sample preparation, cross-sectional microscopic images were obtained, along with elemental analysis, including line scans and elemental distribution maps.

Result

Elemental analysis results revealed that commercially pure copper was used in the minting of the first type of 50-dinar coins. However, due to their poor corrosion resistance, these copper coins were replaced after just one year with the so-called bronze 50-dinar coins. Results from elemental analysis tests, including spark emission spectroscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS), confirmed that these coins were actually made of brass (copper/zinc alloy) and have been inaccurately referred to as bronze coins in various documents. These brass coins were minted in two different weights until the mid-1970s. Eventually, rising inflation led to exceeding the value of the metal in the coins' nominal value, and their production was stopped. After a one-year hiatus, minting resumed using a new production mechanism involving the roll bonding process (sandwich rolling), and the minting of the sandwich 50-dinar coin continued until 1979.

Discussion

Test. The conducted research revealed that the first type of 50-dinar coins, minted in 1943 from copper, was soon replaced due to poor corrosion resistance by a second type known as bronze (copper/tin) coins. However, elemental analysis indicated that the alloy used in these coins was brass (copper/zinc), contrary to all sources such as articles, books and even CBI catalogues. The main reason for using brass instead of bronze was the lower price of zinc in comparison with tin used in brass and bronze, respectively. However, the misreporting of this issue across reputable sources might stem from a lack of knowledge in properly classifying copper alloys. The minting of these so-called bronze coins continued with two different weights until the mid-1970s. The thickness reduction due to weight loss is indicated in the optical microscope images provided from the cross-section of these coins. It's worth mentioning that the two main reasons for reducing the weight of the 50-dinar bronze coins were rising global copper prices and economic sanctions against Iran during the premiership of Mossadegh. Eventually, rising inflation caused the metal's value to exceed the coin's nominal value, and the impracticality of minting coins with lower weights led to a change in the coining production process from normal rolling to roll bonding (sandwich rolling) before minting in 1975. These changes enabled the production of coins with a core made of a low-value metal (iron) and a surface made of corrosion-resistant alloys (copper alloys). These coins exhibited sufficient strength and corrosion resistance due to their iron core and copper-based alloy coating, respectively. This three-layer structure is depicted in the scanning electron microscope images taken from the cross-section of the coins produced with the sandwich rolling method. Moreover, it is worth mentioning that the minting of 50-dinar coins using the roll bonding mechanism continued not only until the 1979 last year of the Pahlavi era (the occurrence of the Islamic Revolution and regime change), but also into the early Islamic Republic era, lasting until one year after the Islamic Revolution. Consequently, the 50-dinar coin became the first and last coin to feature the lion and sun symbols under the Islamic Republic regime.

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]

Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

Conclusion

The results of this study demonstrated that the political and economic conditions of Iran and the world during the second Pahlavi era such as the global increasing the global prices of metals, the economic sanctions of Iran during Prime Ministership of Mossadegh, and the soaring inflation in Iran during the late 1940s and early 1950s were reflected in the composition material, weight, and minting mechanisms of the 50-dinar coins and other coins minted during this period. In other words, the findings of this research significantly support the validity of the assertion that various aspects of coins, including their material composition, purity, weight, and minting processes, reflect the economic, political, and social conditions of societies throughout history. This fact remains valid even after the transition from traditional manual minting methods to modern machine-based techniques, as well as the adoption of advanced material shaping and bonding processes, such as roll bonding (sandwich rolling). Furthermore, based on historical evidence and laboratory analysis, it can be concluded that changes to the 50-dinar coin have occurred to enhance durability and prevent exploitation by opportunists when the value of the metal exceeded its nominal value. These changes prioritized the alteration of the material composition (from copper to bronze for the 50-dinar in 1943), followed by adjustments in weight (from 3.5 gr to 2.5 gr of bronze for the 50-dinar in 1953), and finally, a shift in the minting mechanism (from bronze to sandwich structure for the 50-dinar in 1976).

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

پژوهه باستان سنجی، ۱۴۰۳؛ ۱۰ (۲): ۶۶-۴۵

پژوهه باستان سنجی

DOI: http://dx.doi.org/10.61882/jra.10.2.438

مقاله پژوهشی

دسترسی آزاد

مطالعه ویژگی‌های ساختاری انواع سکه‌های ۵۰ دیناری ضرب شده در دوره پهلوی دوم با نگاهی به شرایط اقتصادی ایران در بازه زمانی ۱۳۲۲ تا ۱۳۵۷

سعید صفری[۱]، مجید منتظر ظهوری[۲*]، محمد قربانی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه باستان‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲. استادیار، گروه باستان‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳. استاد، دانشکده مهندسی و علم مواد، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۲۹

چکیده

در هر عصری سکه‌ها بازتابی از اوضاع اقتصادی، سیاسی و اجتماعی آن دوران بوده و مواردی نظیر جنس، عیار، جرم و یا حتی مکانیسم ضرب آن‌ها منعکس‌کننده اوضاع و شرایط در آن دوره مشخص بوده است. این موضوع به مقطع و دوره زمانی خاصی در گذشته اختصاص نداشته و واقعیتی است که همواره از دوران باستان تا عصر حاضر وجود داشته است. در دوران معاصر و در دوره‌ی پهلوی دوم مجموعاً ۹ سکه با ارزش‌های ریالی متفاوت تحت اشکال مختلف ضرب شد که سکه‌ی ۵۰ دیناری از معدود سکه‌هایی است که تقریباً در تمام طول مدت این دوره بدون وقفه ضرب گردید؛ بنابراین، بررسی و مطالعه جنس، جرم و مکانیسم ضرب این سکه در طول بازه زمانی مذکور می‌تواند به خوبی بیانگر وضعیت کشور در این دوره باشد. بررسی‌های انجام گرفته در این پژوهش نشان داد که نخستین نوع از سکه‌های ۵۰ دیناری در سال ۱۳۲۲ از جنس مس ضرب گردید که پس از گذشت مدت زمانی بسیار کوتاه به دلیل مقاومت پایین در برابر خوردگی با سکه‌های اصطلاحاً برنزی جایگزین گردید. هر چند که نتایج آنالیزهای عنصری انجام شده نشان داد که آلیاژ به کار رفته در این سکه‌ها برنج است. ضرب سکه‌های اصطلاحاً برنزی تحت دو جرم متفاوت تا اواسط دهه پنجاه ادامه یافت اما نهایتاً در سال ۱۳۵۴، افزایش تورم و پیشی گرفتن ارزش فلز استفاده شده از ارزش ریالی سکه و همچنین عدم امکان‌پذیری ضرب سکه با جرم کمتر منجر شد که مکانیسم نورد فلزات پیش از فرایند سکه‌زنی، از فرایند نورد ساده به نورد اتصالی (نورد ساندویچی) تغییر پیدا کند. در نتیجه، امکان تولید سکه‌هایی که مغز آن‌ها را فلزی با ارزش ریالی پایین (آهن) و سطح آن‌ها را آلیاژهای مقاوم به خوردگی (آلیاژهای مس) تشکیل داده است، فراهم آمد و ضرب سکه‌های ۵۰ دیناری با مکانیسم مذکور تا سال ۱۳۵۸ ادامه یافت.

واژگان کلیدی

اقتصاد، سکه، باستان‌سنجی، دوره پهلوی دوم، نورد اتصالی، برنج

*مسئول مکاتبات: majidzohouri@ut.ac.ir

©2024 by the Authours.This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license)
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

۱. مقدمه

باستان‌شناسان و محققین در حوزه تاریخ قویاً اعتقاد دارند که سکه‌ها در هر عصری بازتابی از اوضاع اقتصادی، سیاسی و اجتماعی آن دوران بوده و مواردی نظیر جنس، عیار، جرم و حتی مکانیسم ضرب آن‌ها منعکس کننده وضعیت کشور در آن دوره است و برخی برای بیان این موضوع، از گزاره‌ی "سکه‌ها آیینه‌ی تمام نمای وضعیت اقتصادی، سیاسی و اجتماعی هستند" استفاده می‌کنند (Harvey, 2013, pp.205-209)؛ اما با همه‌ی این اوصاف معمولاً تمرکز باستان‌شناسان و تاریخدان‌ها بر روی بررسی سکه‌های دوران باستان و یافتن ارتباطی بین کیفیت سکه‌های ضرب شده و وضعیت حکومت مرکزی و کشور در آن دوران است و از دوره‌ی معاصر غافل گشته‌اند. در این پژوهش، سیر و روند تغییرات جنس، جرم و مکانیسم ضرب سکه ۵۰ دیناری به‌عنوان یکی از معدود سکه‌های دوران پهلوی دوم که نه تنها تقریباً در سرتاسر دوران پادشاهی محمدرضا شاه بلکه در دوره‌ای کوتاه در نظام جمهوری اسلامی نیز ضرب شده است، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. تا بیش از پیش صحت گزاره‌ی مورد استفاده برای سکه‌ها اثبات شود و مشخص گردد که این گزاره صرفاً متعلق به دنیای باستان نبوده و حتی در دوره معاصر نیز کاملاً صادق است و در این مسیر علاوه بر بررسی صحت گزاره‌ی مذکور در دوره معاصر و عصر حاضر، به پرسش‌هایی نظیر چرایی تغییر جنس سکه‌های ۵۰ دیناری مسی در سال ۱۳۲۲، تغییر جرم سکه‌های ۵۰ دیناری اصطلاحاً برنزی از ۳/۵ گرم به ۲/۵ گرم در سال ۱۳۳۲ و همچنین چرایی تغییر مکانیسم تولید سکه‌های ۵۰ دیناری در سال ۱۳۵۴ و جایگزینی فرآیند نورد ساده (Rolling Process) با فرایند نورد اتصالی یا نورد ساندویچی (Roll Bonding Process)، بر پایه نتایج حاصل از آزمایش‌های انجام گرفته در این پژوهش و همچنین اطلاعات موجود در منابع مکتوب، پاسخ داده می‌شود. بر همین اساس می‌توان گفت که پاسخ‌های ارائه شده به پرسش‌های مذکور در این پژوهش، تلفیقی از بررسی شرایط اقتصادی حاکم بر ایران و جهان در دوره‌ی پهلوی دوم و تأثیر آن بر روی خواص و ویژگی‌های مختلف سکه‌های ۵۰ دیناری ضرب شده در این دوران و بررسی‌های فنی مهندسی نحوه‌ی به کارگیری فرایندهای مختلف صنعتی به منظور ضرب سکه در این دوره، است. همچنین لازم به ذکر است، در این پژوهش به منظور انجام بررسی‌های فنی مهندسی و ارائه نظریات معتبر و قابل استناد از انواع مختلف میکروسکوپ‌ها و همچنین روش‌های متفاوت آنالیز ترکیب شیمیایی نمونه‌ها، جهت تصویربرداری و آنالیز عنصری از انواع گوناگون سکه‌های ۵۰ دیناری ضرب شده در دوره پهلوی دوم استفاده گردید.

۲. پیشینه پژوهش/چارچوب نظری

یکی از دلایلی که منجر به مورد توجه قرار گرفتن مطالعه بر روی سکه‌ها توسط محققین گشت، این بود که بخش قابل توجهی از منابع مکتوب بر خلاف سکه‌ها در طول تاریخ به واسطه‌ی بروز جنگ‌های متعدد، بلاهای طبیعی، اتفاقات مختلف و گذر زمان از بین رفته بودند. در نتیجه محققین می‌توانستند با مطالعه بر روی سکه‌ها، اتفاقات بخش‌هایی از تاریخ را که اطلاعاتی از آن‌ها در دست نبود را مجدد بازسازی کنند (سرافراز و آورزمانی، ۱۳۹۴، ص۳-۲۶؛ شریعت‌زاده، ۱۳۹۳، ص۱۴-۲۳). تحقیق و مطالعه بر روی سکه‌های ایرانی نیز نخستین بار با تحقیق بر روی سکه‌های به جا مانده از عصر اشکانیان و پادشاهی اُرُد در سال ۱۹۵۰ آغاز و در سال ۱۹۵۵ نیز سایر مسکوکات به جامانده از زمان اشکانیان مورد بررسی و مقایسه با سکه‌های ضرب شده توسط رومیان قرار گرفت (Caley, 1950, pp.107-110; Caley, 1955, pp.51-56). پس از ارل کِلی (Earle R. Caley) نیز انجام بررسی بر روی سکه‌های ایرانی در دوران پیش و پس از اسلام با جدیت تمام ادامه داشت و محققین مختلف با تحقیق بر روی جنس، عیار، جرم، میزان ناخالصی و ...، به بررسی وضعیت کلی اقتصادی و سیاسی ایران و یا حتی شهرهای مختلف در ادوار گوناگون پرداختند (بخشنده فرد و دیگران، ۱۳۹۶، ص۶۱؛ رضایی و دیگران، ۱۳۹۸، ص۱). در یکی از این پژوهش‌ها، مسجدی خاک و همکارانش (۱۳۹۸) به بررسی وضعیت سیاسی و اقتصادی ایران در عصر پادشاهی پیروز ساسانی و بازتاب آن در سکه‌های ضرب شده در این دوران پرداختند و در نهایت بر پایه جنس، عیار و کیفیت ضرب و میزان ناخالصی‌های موجود در سکه‌ها و همچنین منابع اطلاعاتی دیگر، دوران حکومت پیروز را به ۴ بازه زمانی مختلف تقسیم‌بندی می‌کنند که کیفیت سکه‌های ضرب شده در هر کدام از این بازه‌های زمانی به‌صورت مستقیم تحت تأثیر عواملی نظیر جنگ‌های داخلی و خارجی، یورش‌های پیاپی و تصرف ایران از دو جناح مختلف، خشکسالی و خراجگذاری ایرانیان به هپتالیان است (کیان‌زادگان و دیگران، ۱۳۹۸، ص۱۹). بررسی‌های صورت گرفته در دوران متأخرتر و در زمان پادشاهی جانشینان و فرزندان نادر بر ایران نشان می‌دهد که در دوره دوم پادشاهی شاهرخ (نوه نادرشاه افشار) بر ایران به واسطه‌ی نابینایی شاهرخ، زمام امور در دستان شاهزاده نادر میرزا و شاهزاده نصرالله میرزا (فرزندان شاهرخ) قرار می‌گیرد که به واسطه خالی شدن خزانه و درماندگی در پرداخت حقوق سپاهیان، از طلا و نقره‌های به کار رفته در قندیل‌ها و درهای حرم امام رضا برای ضرب سکه و پرداخت حقوق سپاهیان استفاده می‌شود که این موضوع به خوبی نشان‌دهنده انعکاس وضعیت سیاسی و اقتصادی در سکه‌های این عصر است

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

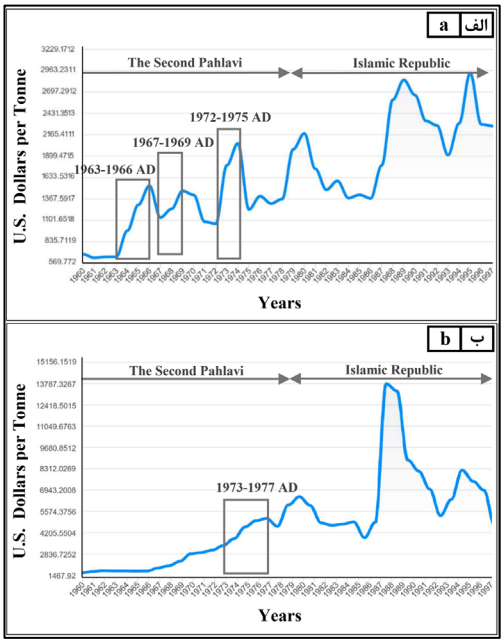
(شعبانی، ۱۳۸۹، ص۱۰۴-۱۱۴). همچنین می‌توان به این موضوع اذعان داشت که تحقیقات قابل توجهی بر روی سکه‌های ضرب شده در دوره‌ی معاصر نظیر دوره‌ی پهلوی تاکنون انجام نگرفته است. دلیل آن شاید وجود منابع اطلاعاتی مختلف در خصوص تمامی اتفاقات رخ داده در این دوره باشد؛ اما با همه‌ی این اوصاف بررسی شرایط سیاسی و اقتصادی حاکم بر جهان و ایران در دوران پهلوی دوم و بازتاب آن در سکه‌های ضرب شده در این دوران از اهمیت بالایی برخوردار است؛ بنابراین در ادامه شرایط سیاسی و اقتصادی حاکم بر جهان و ایران در دوره پهلوی دوم و واحد پولی ایران در این دوره، پیش از انجام بررسی‌های آزمایشگاهی انواع سکه‌های ۵۰ دیناری ضرب شده در دوره‌ی پهلوی دوم به صورت مختصر مورد بررسی قرار می‌گیرد تا بتوان به خوبی دلیل تغییر جنس، جرم و مکانیسم ضرب سکه‌ها در این دوران را دریافت.

۲-۱. شرایط سیاسی و اقتصادی حاکم بر جهان و ایران در دوران پهلوی دوم

پیش از بررسی شرایط سیاسی و اقتصادی حاکم بر جهان و ایران در دوره‌ی پهلوی دوم و چگونگی بازتاب آن بر سکه‌های ضرب شده در این دوران باید به این نکته اشاره کرد که در دوران معاصر و عصر حاضر، عموماً از فلزاتی نظیر مس و آلیاژهای رایج آن نظیر برنج (مس/روی) و برنز استاندارد (مس/قلع) و همچنین نیکل و آلیاژهای آن به دلایلی مختلفی نظیر استحکام قابل قبول، مقاومت قابل توجه در برابر خوردگی و سایش و برخورداری از شبکه بلوری مکعبی وجوه پر[۱] (Face Centered Cubic) و به تبع آن سهولت انجام فرایندهای شکل‌دهی، برای ضرب سکه استفاده می‌شود (معطوفی، ۱۳۸۵، ص۲۹-۳۴). همچنین باید به این موضوع توجه داشت که عوامل متعددی خارجی و داخلی از جمله عرضه و تقاضا در بازارهای جهانی، تغییرات نرخ ارز در کشورها، وضعیت معادن و نرخ مصرف انرژی و به تبع آن هزینه‌های ناشی از استحصال و استخراج، قوانین و مقررات زیست محیطی و غیره بر قیمت فلزات مذکور تأثیر می‌گذاشت. در نتیجه هر یک از این عوامل مذکور می‌توانست به صورت مستقیم بر روی جنس، جرم و مکانیسم ضرب سکه‌ها اثرگذار باشد (رضوی‌زاده، ۱۳۸۲، ص۱۶-۳۸). در ادامه برخی از اصلی‌ترین وقایع رخ داده در دوره‌ی پهلوی دوم که بر روی موارد فوق‌الذکر تأثیرگذار بوده است به صورت مختصر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جهان در طول دوره پهلوی دوم تحت تأثیر عوامل متعدد سیاسی، اقتصادی و اجتماعی بود که می‌توان از جنگ جهانی و اتفاقات پس از آن به‌عنوان نقطه‌ی عطف آن دوران یاد کرد که تأثیرات عمیقی بر روی روابط بین‌المللی و شرایط سیاسی تمامی کشورهای جهان داشت و مشخصاً ایران نیز به‌عنوان عضوی از جامعه جهانی و علاوه بر آن به دلیل برخورداری از شرایط ژئوپلیتیک خاص با تحولات بسیاری در این دوره مواجه شد وقوع جنگ جهانی و مرزبندی‌های جدیدی که پس از پایان جنگ توسط فاتحین جنگ ایجاد شد و همچنین رقابت بین دو ابر قدرت نوظهور پس از جنگ جهانی در شرق و غرب عالم یا به عبارت دیگر همان جنگ سرد بین ایالات متحده آمریکا و اتحاد جماهیر شوروی موجب افزایش نرخ کلیه کالاهای استراتژیک مخصوصاً فلزاتی نظیر مس و نیکل گردید که به صورت مستقیم در ساخت برخی از تسلیحات، جنگ افزارها و ادوات مربوط به جنگ مورد استفاده قرار می‌گرفت (Takeuchi et al., 1986, pp.11-19; Wagenhals, 1984, pp.26-33). برای درک بهتر این موضوع نمودار قیمت جهانی مس و نیکل به ترتیب در قسمت الف و ب شکل ۱، آورده شده است. مطابق با شیب کلی این نمودار می‌توان گفت که قیمت جهانی مس و نیکل به صورت مداوم در حال افزایش بوده است اما باید به این موضوع نیز توجه داشت که قیمت جهانی مس در ۳ مقطع زمانی در خلال سال‌های ۱۹۶۳-۱۹۶۶، ۱۹۶۷-۱۹۶۹ و ۱۹۷۲-۱۹۷۵ میلادی و قیمت جهانی نیکل در خلال سال‌های ۱۹۷۳-۱۹۷۷ با نرخ شدیدتری افزایش یافته است (Schimtz, 1997, pp.27-38).

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026



شکل ۱. الف) نمودار قیمت جهانی مس ب) نمودار قیمت جهانی نیکلی (Schimtz, 1997)

Figure 1. a) Copper world price plot b) Nickle world price plot (Schimtz, 1997)

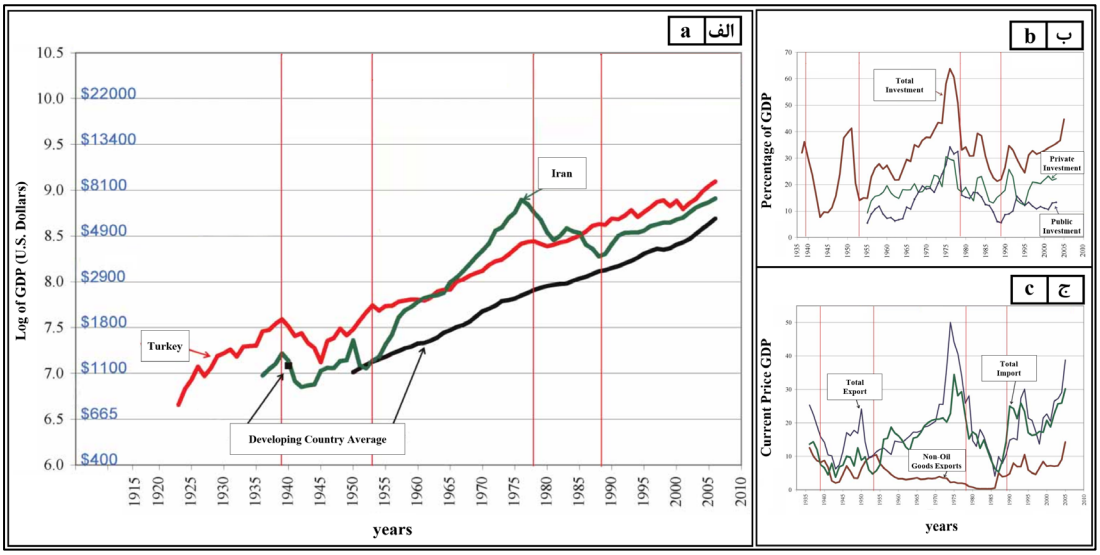
شرایط حاکم بر وضعیت سیاسی و اقتصادی ایران در طول قرن بیستم شاهد اتفاقات و رخدادهای مهم با منشأ داخلی و خارجی بود که و جنگ جهانی دوم (منشأ خارجی) و انقلاب اسلامی (منشأ داخلی) از جمله مهم‌ترین آن‌ها بود که تأثیر عمیقی بر وضعیت کشور ایران داشت. بر همین اساس و بر مبنای نظر کارشناسان اقتصادی، وضعیت اقتصاد ایران در قرن بیستم و تا پیش از اعمال تحریم‌های مختلف در سالیان اخیر به ۶ بازه مختلف تقسیم می‌گردد (Esfandi & Pesaran, 2009) که عبارت‌اند از:

- بازه نخست: دوره اقتصاد کشاورزی ۱۳۰۰–۱۳۰۷
- بازه دوم: دوره اصلاحات و رشد صنعتی در دوران پهلوی اول ۱۳۰۷–۱۳۲۰
- بازه سوم: بی‌ثباتی ناشی از جنگ جهانی دوم و جنگ سرد ۱۳۲۰–۱۳۴۰(مورد مطالعه در این پژوهش)
- بازه چهارم: دوران رشد اقتصادی و توسعه صنعتی در دوران پهلوی دوم۱۳۴۰–۱۳۵۷ (مورد مطالعه در این پژوهش)
- بازه پنجم: رکود اقتصادی و جنگ ایران و عراق پس از انقلاب ۱۳۵۷–۱۳۶۸
- بازه ششم: دوره اصلاحات اقتصادی و رشد وابسته به آن ۱۳۶۸–۱۳۸۷

در سال‌های بی ثباتی ناشی از جنگ جهانی دوم و جنگ سرد (بازه سوم) و یا به صورت دقیق‌تر در اواسط و اواخر دهه ۳۰، نظام سیاسی حاکم بر ایران به کافی نبودن درآمد نفتی برای تأمین هزینه برنامه‌های بلند پروازانه خود و همچنین هزینه‌های فزاینده نظامی پی برد و به دنبال دریافت وام‌های هنگفتی از خارج روی آورد، که بر اساس همین بحران‌های اقتصادی و فشارهای آمریکا جهت انجام اصلاحات ارضی به منظور جلوگیری از انقلاب کمونیستی در ایران، منجر به افزایش ۳۵ درصدی هزینه‌های زندگی از ۱۳۳۴–۱۳۳۹ گشت. این بحران اقتصادی آغاز شد. در ادامه نیز انبوه تعهدات خارجی و اجرای آن‌ها منجر به خالی شدن خزانه کشور و تقاضای کمک‌های فوق‌العاده از صندوق بین‌المللی پول شد که نخستین شرط‌های صندوق بین‌المللی پول برای پرداخت کمک‌های مالی این بود که ایران بودجه خود را سامان دهد، حقوق و دستمزدها را پایین آورد و برخی برنامه‌های توسعه را تعدیل کند (Abrahamian, 1982, pp.435-442)؛ که برآیند سیاست‌های مذکور سبب کاهش نرخ رشد تولید ناخالص داخلی (GDP) و سرمایه‌گذاری در بخش‌های عمومی و خصوصی گردید که به خوبی در شکل ۲ قسمت الف و ب قابل ملاحظه است. به‌علاوه می‌توان به این موضوع نیز اشاره کرد که تغییر شرایط حاکم بر احزاب سیاسی کشور پس از اتفاقات مرداد ۱۳۳۲ موجب به حاشیه رفتن احزاب سیاسی مختلف نظیر حزب توده و جبهه ملی شد که این رخداد در ادامه فضا را برای ظهور سایر گروه‌ها نظیر چریک‌های فدایی خلق و مجاهدین خلق فراهم آورد که بر توزیع عادلانه‌ی درآمدها و اصلاحات ارضی متفاوت با آنچه توسط محمدرضا شاه انجام گرفت، تأکید داشتند و جامعه‌ی ایران را جامعه‌ای شیفته و در عین حال به دور از فناوری‌های غربی، به تصویر می‌کشیدند و همچنین بر این باور بودند که مسئولین و نخبگان دوران پهلوی مسئول اصلی تخریب اقتصاد از طریق تابع کردن ایران به خواسته‌ها

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

و اهداف برنامه‌های امپریالیستی آمریکا بوده و دلیل اصلی شکل‌گیری مشکلات اقتصادی در دهه ۵۰ این افراد بودند و خواستار تغییر وضعیت کشور و حرکت به سمت عدالت اجتماعی و ارزش‌های مارکسیستی بودند و این در حالی بود که اسلام‌گرایان نیز عدالت اجتماعی را بخشی جدایی‌ناپذیر از آموزه‌های اسلامی می‌دانستند اما این عدالت را با برابری‌طلبی یکسان ندانسته و معتقد به مالکیت خصوصی نیز بودند؛ بنابراین می‌توان گفت که یکی از دلایل نزدیکی این گروه‌ها در دهه ۵۰ به یکدیگر، اشتراکات نسبی آن‌ها در حوزه‌های اقتصادی بود (Maloney, 2015, pp.123-141).



شکل ۲. الف) مقایسه تولید ناخالص ملی ایران، ترکیه و میانگین کشورهای دیگر در حال توسعه بر حسب سال ب) میزان سرمایه‌گذاری عمومی و خصوصی در ایران بر حسب سال ج) میزان واردات و صادرات در ایران بر حسب سال (Esfandi & Pesaran, 2009)

Figure 2. a) Comparison of GDP of Iran, Turkey, and the average of developing countries by year b) Public and private investment in Iran by year c) Amount of imports and exports in Iran by year (Esfandi & Pesaran, 2009)

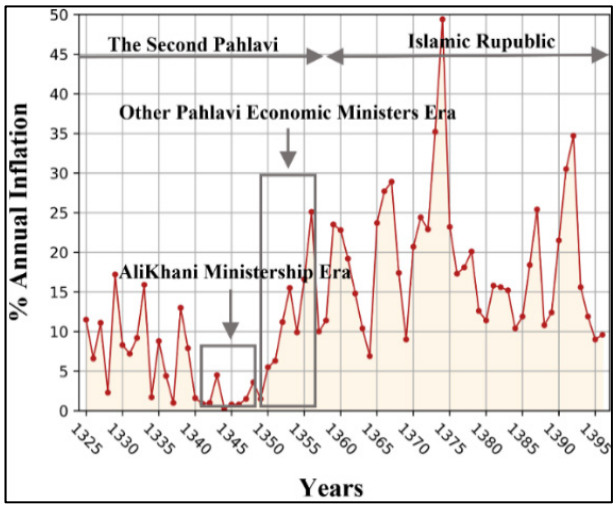
افزایش میزان تورم و بروز رکود اقتصادی شدید تحت تأثیر شرایط جهانی و همچنین سیاست‌های داخلی در اواخر دهه ۳۰ و اوایل دهه ۴۰ و همچنین ناتوانی وزارت بازرگانی و وزارت صنایع در ارائه برنامه مناسب جهت حمایت از صنایع و رفع مشکلات منجر به اتخاذ تصمیمی مشترک توسط محمدرضا شاه پهلوی و اسدالله عَلَم (نخست وزیر وقت) در سال ۱۳۴۱ گردید که طی آن وزارت بازرگانی و وزارت صنایع در یکدیگر ادغام گشته و وزارت اقتصاد تأسیس گردید و علینقی عالیخانی به‌عنوان نخستین وزیر اقتصاد ایران معرفی شد. عالیخانی فارغ التحصیل رشته اقتصاد بوده و با تخصصی که در زمینه اقتصاد داشت توانست طلایی‌ترین دوران اقتصادی کشور در عصر معاصر را رقم زند و آغازگر دوران رشد اقتصادی و توسعه صنعتی در ایران دوران پهلوی دوم (بازه چهارم) باشد (عالیخانی، ۱۳۸۵، ص۳۲–۵۹). حضور عالیخانی و برنامه‌های او به همراه افزایش قیمت نفت منجر به رشد سریع اقتصادی در ایران گردید به نحوی که با شکل ۲ قسمت الف و ب، میزان تولید ناخالص داخلی و همچنین میزان سرمایه‌گذاری بر روی بخش‌های خصوصی و دولتی با نرخ بسیار بالایی نسبت به دهه‌های قبلی افزایش یافت. میزان صادرات و واردات نیز مطابق با شکل ۲ قسمت ج به صورت چشمگیری افزایش یافت، البته لازم به ذکر است که نفت و مصنوعات آن، بخش قابل توجهی از محصولات صادرات شده از ایران را به خود اختصاص می‌دادند و سرمایه‌گذاری بر روی سایر صنایع به دلایلی که در ادامه توضیح داده می‌شود، هیچ‌گاه به‌اندازه صنایع نفتی نبود (Esfandi & Pesaran, 2009). در انتها می‌توان نگرش اصلی عالیخانی در اجرای سیاست‌های اقتصادی خود را در ۴ محور اصلی خلاصه کرد (عالیخانی، ۱۳۸۵، ص۳۲–۵۹) ، که این موارد عبارتند از:

- تقویت بخش صنعت (در مقابل سیاست تقویت تجارت)
- تمرکززدایی از فعالیت‌های صنعتی و توزیع آن‌ها در کل مناطق مناسب کشور
- کاهش بیکاری با تقویت صنایع کوچک در حال فعالیت
- ایجاد تنوع در فعالیت‌های صنعتی و تولیدی

عملکرد عالیخانی و گروهش منجر به کاهش قابل‌توجه نرخ تورم در ایران مطابق با شکل ۳ و همچنین شکوفایی اقتصاد ایران در دهه ۴۰ گردید اما در نهایت عدم برخورداری از روابط حسنه با هویدا موجب استعفای عالیخانی و کناره‌گیری او از منصب وزارت

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

شد. در ادامه نیز عدم به‌کارگیری افرادی توانمند و متخصص در حوزه اقتصاد منجر به افزایش قابل توجه هزینه‌های زندگی و افزایش نرخ تورم در دهه ۵۰ گردید (عالیخانی، ۱۳۸۵، ص۲۳۵-۲۴۴) افزایش تورم و یا کاهش ارزش پول ملی پس از کناره‌گیری عالیخانی از وزارت یکی از عوامل اصلی تغییر جنس، جرم و مکانیسم ضرب سکه در سال‌های پایانی حکومت محمدرضا شاه پهلوی بود.



شکل ۳. نرخ سالیانه تورم در خلال سال‌های ۱۳۲۵ تا ۱۳۹۵

Figure 3. Annually inflation rate during between 1946 and 2006

نفت به‌عنوان یکی از منابع کارآمد انرژی در قرن بیستم از قابلیت استفاده در تولید انرژی و تولید به محصولات صنعتی (مانند پتروشیمی) برخوردار است و از نگاه رهبران سیاسی کشورهای تولیدکننده، از ویژگی بسیار مطلوبی برخوردار است به نحوی که به‌جز مراحل اولیه، مشارکت نیروی کار ملی در تولید نفت تقریباً ناچیز است و این مسئله مهم‌ترین تفاوت بین تولید نفت و استخراج سایر مواد معدنی مهم مانند زغال‌سنگ، آهن مس و ... بوده و لازم به ذکر است که درآمد حاصل از استخراج این منابع طبیعی، بین سرمایه‌گذاران خصوصی، دولت و نیروی کار تقسیم می‌شود و سهم دولت از این درآمد معمولاً چندان بالا نیست. در سوی دیگر، درآمدهای نفتی مستقیماً به دولت تعلق می‌گیرد و به‌عنوان منبع مالی بزرگ و مستقل عمل می‌کند که می‌تواند به صلاحدید خود در بخش‌های مختلف هزینه کند (Katouzian, 1981, pp.245-246). بر اساس مباحث مطرح شده و همچنین درآمد مازاد ناشی از افزایش قیمت نفت در دهه ۵۰، محمدرضا شاه به جای سرمایه‌گذاری یکنواخت و متوازن بر روی کلیه بخش‌های کشور، اقدام به سرمایه‌گذاری گسترده در حوزه نظامی کرد به نحوی که شمار نیروهای مسلح از ۲۰۰ هزار نفر در سال ۱۳۴۲ به ۴۱۰ هزار نفر در سال ۱۳۵۶ رسید و بودجه نیروهای نظامی نیز از ۲۹۳ میلیون دلار در سال ۱۳۴۲ به ۱/۸ میلیارد دلار در سال ۱۳۵۶ افزایش یافت (Abrahamian, 1982, pp.535-537). بر همین اساس می‌توان نتیجه گرفت که قیمت مس و سایر فلزات به کار رفته در سکه‌ها در ایران به‌شدت وابسته به قیمت‌های جهانی بوده و افزایش قیمت‌های جهانی در هر دوره منجر به پیشی گرفتن ارزش فلز به کار رفته در سکه‌ها از ارزش ریالی آن‌ها می‌شد که در ادامه فعالیت‌های مجرمانه در خصوص ذوب سکه‌ها و تولید شمش‌های فلزی را به همراه داشت. از این رو در دوره‌ی پهلوی دوم به دفعات جرم، جنس و حتی مکانیسم ضرب سکه‌ها به منظور کاهش ارزش فلز به کار رفته در سکه‌ها و توقف اقدامات مجرمانه، صورت گرفت.

۲-۲. بررسی واحد پولی ایران در دوره پهلوی

قبل از مطالعه و بررسی سکه‌های ۵۰ دیناری ضرب شده در دوره پهلوی دوم، لازم است که توضیحات مختصری در خصوص واحد پولی ایران و نحوه تقسیم‌بندی آن ارائه شود. واحد رسمی پول ایران برای سال‌ها دینار بود و سکه‌ها بر اساس آن ضرب می‌شدند که نحوه تقسیم‌بندی این واحد پولی در جدول ۱ آورده شده است اما در نهایت در اواسط دوران پادشاهی رضاشاه و در تاریخ ۲۷ اسفند ۱۳۰۸، واحد پول قانونی ایران از دینار به ریال تغییر پیدا کرد سکه‌های جدید بر اساس واحد پولی جدید ضرب شدند؛ اما علیرغم جایگزینی قانونی ریال، این واحد پولی هیچگاه در بین مردم ایران مقبولیت پیدا نکرد و رواج نیافت از این رو به شکل غیررسمی واحد تومان (۱۰ ریال= ۱ تومان) توسط مردم به‌عنوان واحد پولی انتخاب و در کوچه و بازار رواج یافت که حتی امروزه نیز این واحد غیررسمی در میان عوام مردم بر واحد رسمی ارجحیت دارد؛ که نحوه تقسیم‌بندی این واحد پولی در جدول ۲ آورده شده است (حق‌صفت، ۱۳۹۲، ص۲۶-۴۱؛ ترابی، ۱۳۸۱، ص ۲۶-۴۱).

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

جدول ۱. واحد پولی ایران قبل از تغییر واحد در سال ۱۳۰۸ (حق‌صفت، ۱۳۹۲)

Tab 1. Iranian currency before the occurrence of monetary reform in 1929 (Haghsefat, 2013)

Currency unit	Decimal Iranian System before 1929		
1 Toman	=10000 Dinar	=200 Shahi	=10 Qeran
1 Qeran	=20 Shahi	=1000 Dinar	
1 Shahi	=50 Dinar		

جدول ۲. واحد پولی ایران بعد از تغییر واحد در سال ۱۳۰۸ (حق‌صفت، ۱۳۹۲)

Tab 2. Iranian currency after the occurrenace of monetary reform in 1929 (Haghsefat, 2013)

Currency Unit	Decimal Iranian System after 1929	
1 Toman	=10 Rial	=1000 Dinar
1 Rial	=100 Dinar	

۲-۳. سکه‌های ضرب شده در دوره‌ی پهلوی دوم

در دوره‌ی پهلوی دوم که بازه زمانی مورد بررسی در این پژوهش است، ۹ سکه با ارزش‌های ریالی متفاوت (۵ دینار، ۱۰ دینار، ۲۵ دینار، ۵۰ دینار، ۱ ریال، ۲ ریال، ۵ ریال، ۱۰ ریال و ۲۰ ریال)، تحت اشکال مختلف در بازه‌ای زمانی و مناسبت‌های مختلف ضرب شدند و بر اساس شکل‌ظاهری، جنس، تاریخ ضرب و یا حتی مکانیسم ضرب، در بین مردم کوچه و بازار به نام‌های مختلفی معروف شدند به‌عنوان مثال می‌توان به سکه‌ی ۱ ریالی اشاره کرد که تقریباً در تمامی طول دوره‌ی پهلوی توسط بانک مرکزی ضرب گردید و با اسامی مختلفی نظیر ۱ریالی نقره‌ای، ۱ ریالی مصدقی، ۱ ریالی یادبود پنجاهمین سالگرد پادشاهی پهلوی، ۱ ریالی آریامهر، ۱ ریالی یادبود سازمان غذا و کشاورزی و یا سازمان فائو (Food and Agriculture Organization-FAO) که به ترتیب بر پایه جنس، زمان ضرب و شکل ظاهری و نقوش روی سکه انتخاب شده بودند، در بین مرد شهرت یافتند (حق‌صفت، ۱۳۹۲، ص۱۳۱-۱۴۳)؛ اما باید به این موضوع توجه داشت که با استفاده و بهره‌مندی از پارامترهای توصیفی نظیر شکل ظاهری و نقوش روی سکه‌ها که بیشتر توسط عوام مردم برای نام‌گذاری سکه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، نمی‌توان وضعیت اقتصادی دوره‌های مختلف را به درستی و به صورت دقیق مورد بررسی و تحلیل قرار داد. بر همین اساس شاخص‌های دیگری نظیر جنس، جرم و مکانیسم ضرب سکه تعریف می‌گردد تا سکه‌ها بر اساس آن‌ها مورد مطالعه و بررسی قرار گیرند و نهایتاً نیز بر پایه نتایج حاصل از آزمون‌های مشخصه‌یابی مختلف نظیر تصاویر میکروسکوپی و آزمون‌های آنالیز کمی عنصری و فازی، در خصوص وضعیت اقتصادی هر دوره اظهار نظر می‌شود (Harvey, 2013, pp.198-210). کاهش جرم سکه‌ها و یا به عبارت دیگر کاستن میزان مصرف فلزات در ضرب سکه، یکی از روش‌های متداول هنگام مواجه نظام‌های حاکمیتی با مشکلات اقتصادی بوده که از دیرباز توسط نظام‌های سیاسی مورد استفاده قرار می‌گرفته است به‌عنوان مثال جرم نقره به کار رفته در سکه‌های یک قِرانی در دوره‌ی قاجار به صورت پیوسته روند کاهشی داشته است به نحوی که جرم این سکه از ۹/۲ گرم در دوره فتحعلی شاه به ۶/۹ گرم در دوره محمد شاه کاهش می‌یابد و در ادامه نیز روند کاهشی جرم این سکه به صورتی دنبال می‌شود که در زمان پادشاهی ناصرالدین شاه جرم این سکه به ۴/۵ گرم می‌رسد (Katouzian, 1981, pp.34-35). در سکه‌های ضرب شده در دوران پهلوی دوم به دفعات تغییر جنس، جرم و مکانیسم ضرب سکه‌ها به دلایل مختلف سیاسی و اقتصادی دیده می‌شود که به‌عنوان مثال می‌توان به برخی از این موارد اشاره کرد (حق‌صفت، ۱۳۹۲، ص۱۳۸-۱۹۳)، که عبارتند از:

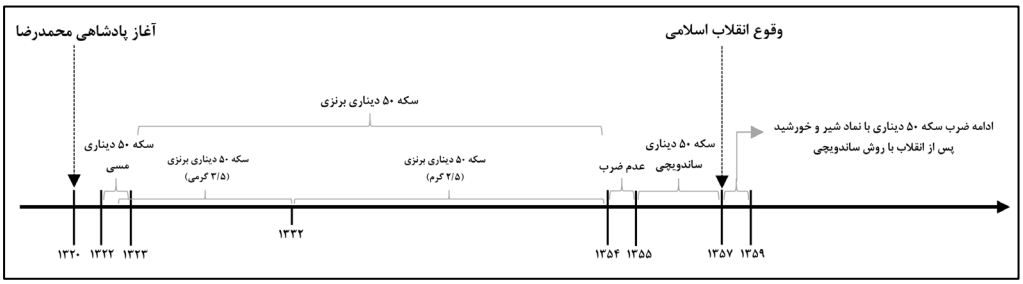
- توقف ضرب سکه‌های ۱ ریالی نقره‌ای در سال ۱۳۳۰ و ضرب مجدد پس از تغییر جنس آن به نیکل از سال ۱۳۳۱
- توقف ضرب سکه‌های ۲ ریالی نقره‌ای در سال ۱۳۳۰ و ضرب مجدد پس از تغییر جنس آن به نیکل از سال ۱۳۳۱
- توقف ضرب سکه ۵ ریالی نقره‌ای در سال ۱۳۲۹ و ضرب مجدد پس از تغییر جنس آن به نیکل از سال ۱۳۳۱
- توقف ضرب سکه‌های ۵ ریالی پهلوی ۷ گرمی در سال ۱۳۳۸ و ضرب مجدد پس از کاهش جرم در همان سال
- توقف ضرب سکه‌های ۵ ریالی آریامهر ۵ گرمی در سال ۱۳۵۴ و ضرب مجدد پس از کاهش جرم در سال ۱۳۵۶
- توقف ضرب سکه‌های ۱۰ ریالی پهلوی ۱۲ گرمی در سال ۱۳۴۱ و ضرب مجدد پس از کاهش جرم در سال ۱۳۴۲

سکه‌ی ۵۰ دیناری بر خلاف تمامی سکه‌های ضرب شده در دوره‌ی پهلوی دوم، در تمام طول این دوره مطابق با محور زمانی ارائه شده در شکل ۴، با شکلی کاملاً یکسان و مشابه (مطابق با شکل ۵)، تحت جنس، جرم و مکانیسم ضرب متفاوت ضرب گردیده است (حق‌صفت، ۱۳۹۲، ص۱۱۴-۱۲۹؛ ترابی، ۱۳۸۱، ص ۲۸۵-۲۹۴). بر همین اساس، کلیه بررسی‌های فنی مهندسی و آزمون‌های

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

مشخصه‌یابی در این پژوهش بر روی انواع مختلف سکه‌های ۵۰ دیناری متمرکز گردید تا بتوان بر پایه نتایج حاصل از آن در خصوص وضعیت اقتصادی دوره‌ی پهلوی دوم و همچنین بازتاب آن بر روی سکه‌های این دوره اظهار نظر کرد. انواع مختلف سکه‌های ۵۰ دیناری ضرب شده در دوره‌ی پهلوی عبارتند از:

- سکه ۵۰ دیناری از جنس مس ضرب شده در سال ۱۳۲۲
- سکه ۵۰ دیناری اصطلاحاً برنزی با جرم ۳/۵ گرم ضرب شده در سال‌های ۱۳۲۲–۱۳۳۲
- سکه ۵۰ دیناری اصطلاحاً برنزی با جرم ۲/۵ گرم ضرب شده در سال‌های ۱۳۳۲–۱۳۵۴
- سکه ۵۰ دیناری اصطلاحاً ساندویچی متشکل از هسته آهنی و روکش برنزی ضرب شده در سال‌های ۱۳۵۴–۱۳۵۸



شکل ٤. محور زمانی ضرب انواع مختلف سکه‌های ۵۰ دیناری (حق‌صفت، ۱۳۹۲)

Figure 4. Timeline of minting various types of 50-Dinar coins (Haghsefat, 2013)

تصویر ماکروسکوپی از انواع مختلف سکه‌های ۵۰ دیناری که در دوران پهلوی دوم ضرب گردیده و در این پژوهش مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند، در شکل ۵ قابل ملاحظه است.



شکل ۵. مجموعه سکه‌های ۵۰ دیناری ضرب شده در دوره پهلوی دوم (حق‌صفت، ۱۳۹۲)
الف) ۵۰ دیناری مسی ب) ۵۰ دیناری اصطلاحاً برنزی ج) ۵۰ دیناری اصطلاحاً ساندویچی (ضرب شده با هسته آهنی و روکش برنزی)

Figure 5. Collection of 50-dinar coins minted during the second Pahlavi era (Haghsefat, 2013). a) Copper 50-dinar b) Bronze 50-dinar c) Sandwich 50-dinar (minted with iron core and bronze coat)

۳. روش پژوهش/مواد و روش‌ها

به منظور انجام مطالعات و بررسی‌های آزمایشگاهی، ابتدا ۶ نوع مختلف از سکه ۵۰ دیناری ضرب سال‌های مختلف اعم از سکه ۵۰ دیناری مسی ضرب سال ۱۳۲۲ هجری، برنزی ضرب سال ۱۳۲۲ هجری، برنزی ضرب سال ۱۳۳۱ هجری، برنزی ضرب سال ۱۳۳۵ هجری، برنزی ضرب سال ۱۳۴۷ هجری و ساندویچی ضرب سال ۱۳۵۶ هجری معادل ۲۵۳۶ شاهنشاهی۲ که جزئیات آن در جدول ۳ آورده شده است، از واحد مطالعات و مقررات بانک مرکزی تهیه شد.

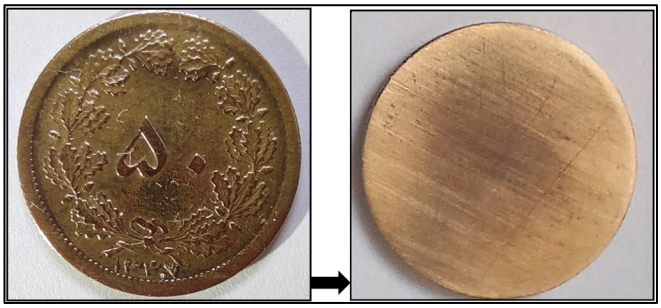
[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

جدول ۳. جزئیات سکه‌های ۵۰ دیناری مورد بررسی قرارگرفته در این پژوهش

Tab 3. Details of the 50-Dinar coins examined in this research

Coins	Minting dates	Weight (gr)
Copper 50-Dinar	1943 (1322 solar hijri)	3.5
Bronze 50-Dinar	1952 (1331 solar hijri)	3.5
Bronze 50-Dinar	1953 (1332 solar hijri),	3.5
Bronze 50-Dinar	1968 (1347 solar hijri)	2.5
Bronze 50-Dinar	1972 (1351 solar hijri)	2.5
Sandwich 50-Dinar	1977 (1356 solar hijri)	2.5 (The sum of iron core and bronze coat)

در ادامه به منظور تعیین ترکیب شیمیایی، فرایند آماده‌سازی نمونه‌ها بر روی سکه‌های گروه نخست طبق دسته‌بندی انجام‌گرفته در جدول ۴ و مطابق با شکل ۶ انجام گرفت. بر همین اساس، فرایند سنباده‌زنی تحت درجات مختلف بر روی سطح سکه‌های این گروه انجام گردید (تلافی و ایوبی، ۱۳۹۳، ص۷۸–۸۱) و سپس آزمون کوانتومتری یا آزمون طیف سنجی جرقه‌ای جهت تعیین آنالیز ترکیب شیمیایی عناصر (Spark Emission Spectroscopy) بر روی سطوح آماده‌سازی شده انجام گرفت.



شکل ٦. نمایی از نحوه آماده‌سازی اولیه جهت انجام آزمون طیف‌سنجی جرقه‌ای

Figure 6. A view of sample primary preparation for conducting SES test in this research

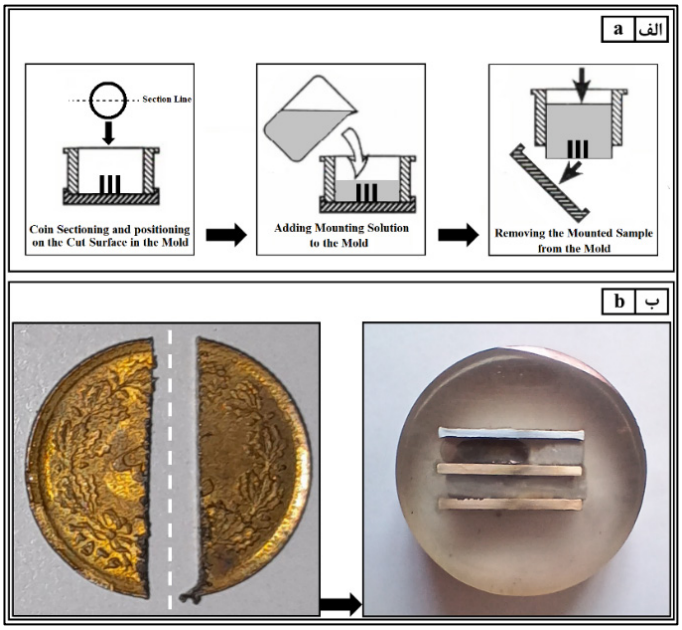
جدول ٤. دسته‌بندی سکه‌های ۵۰ دیناری مورد بررسی در این پژوهش بر اساس آنالیزهای مختلف

Tab 4. Classification of 50 Dinar coins under investigation in this research based on different analyses

Samples	**Minting dates of the coins under investigation**
First series of coins (Chemical composition analysis)	Copper 50-Dinar minted 1943 (1322 solar hijri), Bronze 50-Dinar minted 1952 (1331 solar hijri), Bronze 50-Dinar minted 1968 (1347 solar hijri)
Second series of coins (Microscopic analysis from cross-section)	Bronze 50-Dinar minted 1953 (1332 solar hijri), Bronze 50-Dinar minted 1972 (1351 solar hijri), Sandwich 50-Dinar minted 1977 (1356 solar hijri)

فرایند آماده‌سازی گروه دوم سکه‌ها طبق جدول ۴ به منظور تهیه تصاویر میکروسکوپی از سطح مقطع آن‌ها مطابق با شکل ۷، با برش سکه‌ها از قسمت مرکزی به وسیله دستگاه برش دهنده ساخت شرکت صنعت سرام آغاز شده و سپس سکه‌ها از مقطع برش خورده مطابق با تصویر شماتیک قسمت الف شکل ۷، در قالب قرار گرفته و به صورت سرد مانت (Cold Mounting) شدند و در ادامه نیز سایر فرایندهای آماده‌سازی تکمیلی نظیر سنباده‌زنی تحت درجات مختلف (از ۸۰ تا ۲۵۰۰) و صیقل‌کاری با استفاده از ذرات ساینده آلومینایی بر روی نمونه‌ها انجام گردید (Voort, 1999, pp.62-84) و نهایتاً از سطح نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ نوری (Optical Microscope) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (Scanning Electron Microscope) تصویربرداری گردید.

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026



شکل ۷. نمایی از نحوه آماده‌سازی اولیه نمونه‌ها جهت بررسی میکروسکوپی از مقطع عرضی
الف) تصویر شماتیک از آماده سازی اولیه ب) آماده‌سازی اولیه در این پژوهش

Figure 7. A view of sample primary preparation for microscopic examination from cross-section
a) Schematic diagram of primary preparation b) Primary preparation in this research

پس از اتمام فرایند آماده‌سازی سطح، آزمون کوانتومتری به منظور تعیین ترکیب شیمیایی با استفاده از دستگاه کوانتومتر SpectroLab واقع در آزمایشگاه جهاد دانشگاهی شریف، بر روی گروه نخست نمونه‌ها مطابق با جدول ۴ انجام گرفت و در ادامه نیز تصویربرداری میکروسکوپی از مقطع عرضی نمونه‌های گروه دوم نمونه‌ها مطابق با جدول ۴، نخست با استفاده از میکروسکوپ نوری مدل G551-Olympus واقع در آزمایشگاه متالوگرافی دانشکده مهندسی و علم مواد دانشگاه شریف که از قابلیت بزرگنمایی تا هزار برابر برخوردار است، انجام گردید و سپس برای انجام تصویربرداری با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی، نمونه مانت شده به وسیله لایه نازکی از طلا پوشش داده شد تا از رسانایی نسبی برخوردار شود و تجمع الکترون که مانع دستیابی به تصاویر با کیفیت می‌گردد، بر روی نمونه رخ ندهد. در این پژوهش، تصویربرداری با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی مدل MIRA3-TESCAN-XMU واقع در مرکز خدمات فناوری دانشگاه شریف و با بهره‌گیری از آشکارسازهای الکترون ثانویه SE (Secondry Electron) و الکترون‌های برگشتی BSE (Backscattered Electron) انجام شد و همچنین آنالیز عنصری خطی و نقشه توزیع عناصر بخش‌های مختلف سکه‌های مورد بررسی نیز با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی پراش انرژی پرتو ایکس (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy-EDS) تعبیه شده بر روی میکروسکوپ الکترونی انجام گردید.

٤. یافته‌ها و بحث

سکه‌های ۵۰ دیناری در دوره پهلوی دوم تحت جنس، جرم و روش ضرب مختلف تقریباً در تمام دوران پادشاهی محمدرضا و حتی پس‌ازآن در خلال سال‌های ۱۳۲۲ تا ۱۳۵۸ با ظاهری کاملاً یکسان ضرب گردید و نمادهایی نظیر تاج، شیر و خورشید، شاخه‌ی بلوط و زیتون مطابق با شکل ۵ بر روی سطح این سکه فراوان است. در ادامه نیز نتایج حاصل از مطالعات و آزمون‌های آزمایشگاهی انجام شده بر روی این سکه‌ها به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

٤-١. سکه ۵۰ دیناری از جنس مس ضرب شده در سال ۱۳۲۲

سکه ۵۰ دیناری مسی در بازه زمانی بسیار کوتاه در سال ۱۳۲۲ دقیقاً مشابه با آخرین نوع سکه ۵۰ دیناری دوران پهلوی اول ضرب گردید. جنس اولین نوع از سکه‌های ۵۰ دیناری ضرب شده در دوره‌ی پهلوی دوم از مس خالص تجاری بود و جرم و قطر این سکه‌ها به ترتیب مس ۳/۵ گرم و ۲۰ میلی‌متر بود. تغییر شکل مس به دلیل برخورداری از شبکه بلوری وجوه مرکز پر[۲] و به تبع آن سیستم‌های لغزش فعال به راحتی امکان‌پذیر بود اما این سکه‌ها از مقاومت نسبتاً پایینی در برابر خوردگی و سایش داشتند (معطوفی، ۱۳۸۵، ص۲۹-۴۶). به همین دلیل ضرب سکه‌های ۵۰ دیناری از جنس مس خالص به سرعت مطابق با پیشنهاد وزارت دارایی در شهریور ماه سال ۱۳۲۲ و تصویب در مجلس شورای ملی به ریاست حسن اسفندیاری متوقف گشت و پیشنهاد جایگزینی مسکوک

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]

Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

مسی ضرب شده با آلیاژهای پایه مس که از خواص خوردگی بهتری برخوردار است، مورد پذیرش و تائید قرار گرفت (حق‌صفت، ۱۳۹۲، ص۱۱۴). بر همین اساس، سکه‌های ۵۰ دیناری مسی امروزه بسیار کمیاب بوده و از ارزش ریالی نسبتاً بالایی برخوردار می‌باشند؛ اما با این تفاسیر، آزمون کوانتومتری به منظور دستیابی به ترکیب شیمیایی، بر روی یک سکه ۵۰ دیناری مسی که مطابق با توضیحات ارائه شده آماده‌سازی شده بود انجام گردید که نتایج آن در جدول ۵ قابل ملاحظه است که طبق آن می‌توان گفت عنصر اصلی تشکیل دهنده این سکه‌ها مس به همراه مقادیر اندکی ناخالصی است.

جدول ۵. ترکیب شیمیایی سکه ۵۰ دیناری مسی ضرب شده در ۱۳۲۲

Tab. 5. Chemical composition of copper 50-Dinar minted in 1943

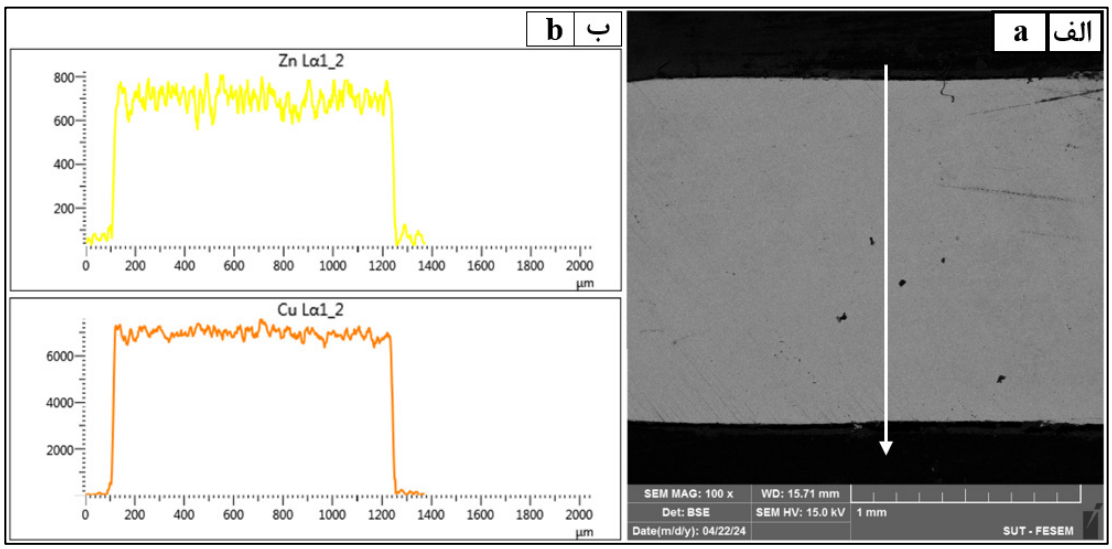
% WT	Cu	Pb	Sn	O	other
Copper 50-dinar (minted in 1943)	99.60	0.15	0.10	0.10	Bal.

٤-۲. سکه ۵۰ دیناری اصطلاحاً برنزی با جرم ۳/۵ گرم ضرب شده در سال‌های ۱۳۲۲-۱۳۳۲

ضرب سکه ۵۰ دیناری اصطلاحاً برنزی با وزن ۳/۵ گرم از سال ۱۳۲۲، بر پایه پیشنهاد وزارت دارایی و تصویب مجلس شورای ملی آغاز گشت و حدوداً ۱۰ سال و تا سال ۱۳۳۲ نیز ادامه داشت. در سال‌های ابتدایی دهه ۳۰، تحریم‌های اقتصادی مختلفی از جانب کشورهایی نظیر انگلستان، شوروی و آمریکا، پس از به نخست وزیری رسیدن مصدق و اقدامات او بر کشور اعمال شد که این تحریم‌ها موجب تورم و افزایش قیمت فلزات مختلف گردید (مشیر، ۱۳۸۲، ص۵۲-۸۳). افزایش قیمت‌ها در نهایت منجر به پیشی گرفتن ارزش فلز بکار رفته در سکه ۵۰ دیناری از ارزش ریالی آن شد. در نتیجه سودجویان با جمع‌آوری سکه‌های مذکور، ذوب و ریخته‌گری شمش‌های مس به در آمدهای قابل توجهی دست پیدا می‌کردند که این موضوع در نهایت منجر به ارائه مصوبه ۱۴ مرداد ۱۳۳۲ شد که طی آن دولت پیشنهاد تغییر جرم سکه‌های ۵۰ دیناری از ۳/۵ گرم به ۲/۵ گرم را مطرح می‌کند که پس تصویب و مورد پذیرش قرار گرفتن این مصوبه، ضرب سکه‌های ۵۰ دیناری ۳/۵ گرمی در دی ماه سال ۱۳۳۲ متوقف می‌شود. به علاوه لازم به ذکر است تحریم‌های اقتصادی در ابتدای دوران نخست وزیری مصدق نیز منجر به تغییر جنس سکه‌های ۱، ۲ و ۵ ریالی از نقره به نیکل شده بود به نحوی که اولین سری از سکه‌های ضرب شده ریالی از جنس نیکل در میان عوام به سکه‌های مصدقی معروف شدند (حق‌صفت، ۱۳۹۲، ص۱۱۵-۱۱۶).

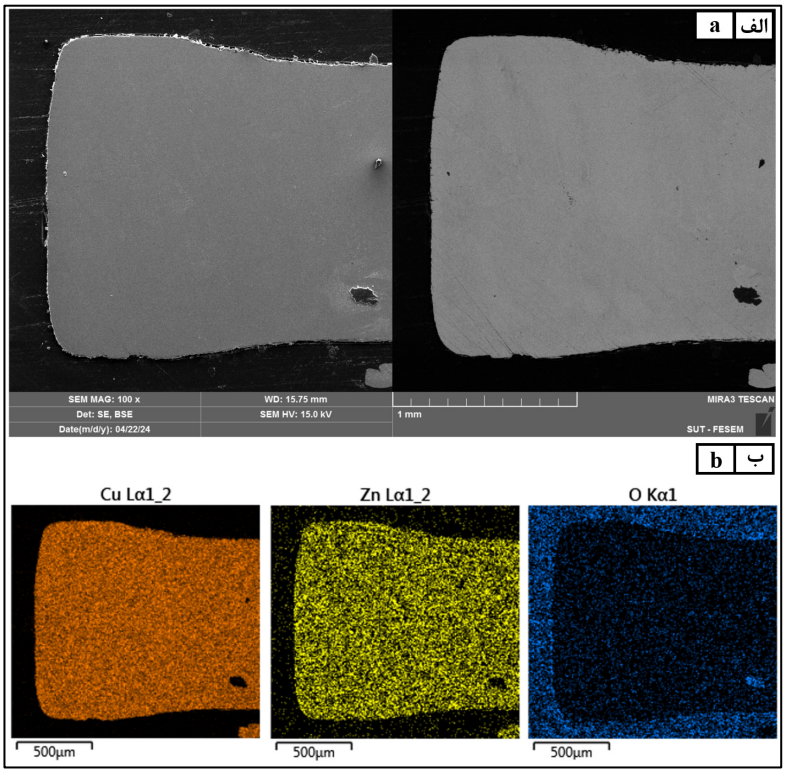
تصاویر میکروسکوپی الکترونی از قسمت‌های مختلف مقطع عرضی سکه‌ی مذکور به همراه آنالیز عنصری خطی و همچنین نقشه توزیع عناصر آن در شکل ۸ و ۹ قابل ملاحظه است. یکنواختی کامل سطح در تصویر میکروسکوپی حاصل از آشکارساز BSE در قسمت الف این تصاویر و این موضوع که کنتراست (Contrast) تصاویر حاصل از آشکارساز BSE در میکروسکوپ الکترونی بر پایه اختلاف عدد اتمی است، بیانگر این موضوع است که ترکیب سکه ۵۰ دیناری ضرب سال ۱۳۳۲ کاملاً یکنواخت است و آنالیز عنصری خطی و نقشه آنالیز عنصری ارائه‌شده در قسمت ب این تصاویر نیز نشان‌دهنده‌ی حضور عناصری نظیر مس و روی است بر این اساس می‌توان گفت که جنس این سکه از آلیاژ برنج (Brass) است (Brooks, 1982, pp. 126-135). در حالی که جنس این سکه‌ها به نادرستی در تمامی منابع مکتوب برنز گزارش شده است. دلیل استفاده از برنج به جای برنز را می‌توان به قیمت کمتر عنصر آلیاژی به کار رفته در برنج (روی) نسبت به عنصر آلیاژی به کار رفته در برنز (قلع) نسبت داد اما گزارش نادرست جنس این سکه‌ها در منابع مکتوب موضوعی پرسش برانگیز است و نمی‌توان به صورت دقیق پاسخی برای آن ارائه داد و صرفاً می‌توان این موضوع را به عدم آگاهی کافی مسئولین ذی‌ربط از دانش متالورژی نسبت داد.

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026



شکل ۸. الف) تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از مقطع عرضی سکه ۵۰ دیناری ضرب شده در سال ۱۳۳۲ ب) آنالیز عنصری خطی از قسمت مشخص شده در تصویر قسمت الف

Figure 8. a) SEM image from cross-section of bronze 50-Dinar coin minted in 1953 b) EDS Elemental linescan across specified arrow in part a



شکل ۹. الف) تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از مقطع عرضی سکه ۵۰ دیناری ضرب ۱۳۳۲ ب) نقشه توزیع عناصر از تصویر قسمت الف

Figure 9. a) SEM image from cross-section of bronze 50-Dinar coin minted in 1953 b) Elemental distribution map from the part a

٤-۳. سکه ۵۰ دیناری اصطلاحاً برنزی با جرم ۲/۵ گرم ضرب شده در سال‌های ۱۳۳۲-۱۳٥٤

پس از توقف ضرب سکه‌های اصطلاحاً برنزی ۳/۵ گرمی به دلایلی که پیش‌تر ذکر گردید، ضرب سکه‌های ۵۰ دیناری اصطلاحاً برنزی با وزن ۲/۵ گرم در سال ۱۳۳۲ آغاز گردید و تا اوایل دهه ۵۰ ادامه داشت. این سکه‌ها با ظاهری کاملاً مشابه سکه‌های قبلی و صرفاً با جرم و به‌تبع آن ضخامت کمتر به مدت بیش از دو دهه ضرب گردید و در نهایت ضرب این سکه‌ها با ویژگی‌های مذکور در سال ۱۳۵۴ متوقف گردید (حق‌صفت، ۱۳۹۲، ص۱۱۵-۱۱۶). در جدول ۶ نتایج حاصل از آزمون کوانتومتری انجام گرفته بر روی

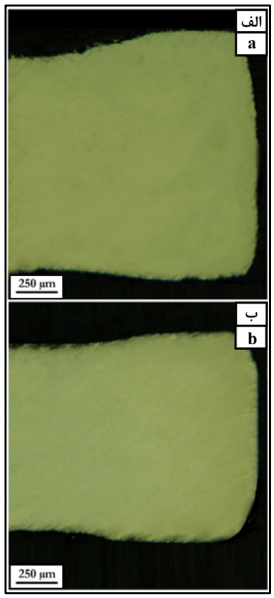
[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

دو سکه ۵۰ دیناری برنزی ضرب شده در سال ۱۳۳۱ (۳/۵ گرمی) و ۱۳۴۷ (۲/۵ گرمی) آورده شده است که بر اساس ترکیب شیمیایی ارائه شده می‌توان مجدداً به این موضوع اشاره کرد که از آلیاژ برنج برای ضرب این سکه‌ها استفاده شده است همچنین لازم به ذکر است که شکل ۱۰ نیز تصویر میکروسکوپ نوری از سکه‌های اصطلاحاً برنزی ۳/۵ گرمی ضرب شده در سال ۱۳۳۲ و ۲/۵ گرمی ضرب شده در سال ۱۳۵۱ آورده شده است که کاهش ضخامت سکه‌های ۵۰ دیناری به تبع کاهش جرم آن‌ها بنا به دلایل مذکور به خوبی در تصویر ارائه شده قابل ملاحظه است.

جدول ٦. ترکیب شیمیایی سکه ۵۰ دیناری برنزی ضرب شده در سال‌های ۱۳۳۱ و ۱۳۴۷

Tab. 6. Chemical composition of bronze 50-Dinar coins minted in 1952 and 1968

% WT	Cu	Zn	Pb	O	other
Bronze 50-dinar (minted in 1953)	96.73	2.74	0.24	0.10	Bal.
Bronze 50-dinar (minted in 1972)	97.10	2.51	0.13	0.10	Bal.



شکل ۱۰. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع عرضی سکه‌های ۵۰ دیناری ضرب شده در سال‌های مختلف الف) ۱۳۳۲ ب)۱۳۵۱

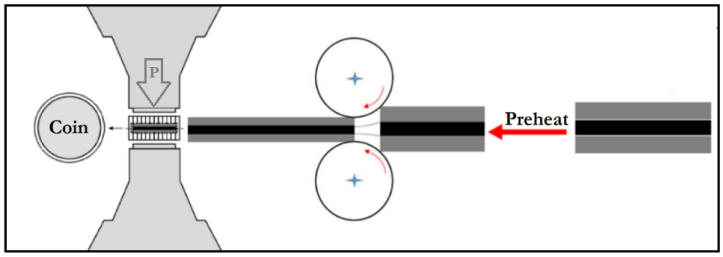
Figure 10. OM image from cross-section of 50-Dinar coin minted in different years a) 1953 b) 1972

٤-٤. سکه ۵۰ دیناری اصطلاحاً ساندویچی متشکل از هسته آهنی و روکش برنزی ضرب شده ۱۳۵٤-۱۳۵۸

ضرب سکه‌های ۵۰ دیناری اصطلاحاً برنزی تحت جرم‌های مختلف تا سال ۱۳۵۴ ادامه داشت اما نهایتاً تورم افسار گسیخته سال‌های پایانی دهه ۴۰ و سال‌های اولیه دهه ۵۰ ناشی از استعفا عالیخانی و ناتوانمندی افراد به کار گرفته شده در وزارت اقتصاد، مجدداً منجر به پیشی گرفتن ارزش فلز بکار رفته در سکه ۵۰ دیناری از ارزش ریالی آن گردید که این موضوع مورد توجه سودجویان برای کسب درآمد از طریق ذوب سکه‌ها و تولید شمش قرار گرفت؛ اما این بار به لحاظ فنی دیگر کاهش جرم و ضرب مجدد سکه‌های ۵۰ دیناری به واسطه کاهش جرم صورت گرفته در سال ۱۳۳۲، امکان پذیر نبود؛ بنابراین، بانک مرکزی اقدام به تغییر برخی از روش‌های تولید سکه‌های ۵۰ دیناری نمود که طی آن مکانیسم نورد فلزات پیش از فرایند سکه‌زنی (Coining) از فرآیند نورد ساده (Rolling Process) به فرایند نورد اتصالی (Roll Bonding Process) یا نورد ساندویچی تغییر یافت. تصویری شماتیک از فرایند نورد اتصالی و همچنین ضرب سکه به روش اصطلاحاً ساندویچی در شکل ۱۱ آورده شده است (Hosford & Caddell, 2009, pp. 93-101). بر همین اساس، در این فرایند از ۳ لایه ورق استفاده می‌شود که طی آن ورق فولادی به دلیل ارزان‌تر بودن و مستحکم‌تر بودن از مس و آلیاژهای آن در مرکز قرار می‌گیرد و دو لایه ورق برنزی نازک به دلیل برخورداری از خواص خوردگی مطلوب در قسمت بالا و پایین ورق آهنی قرار می‌گیرد. در ادامه، این مجموعه پیشگرم و از درون غلتک‌های نورد عبور می‌کند که این فرایند منجر به اتصال ورق‌های برنزی به ورق آهنی می‌گردد و نهایتاً فرایند سکه‌زنی به واسطه قرارگیری ورق در زیر پرس انجام

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

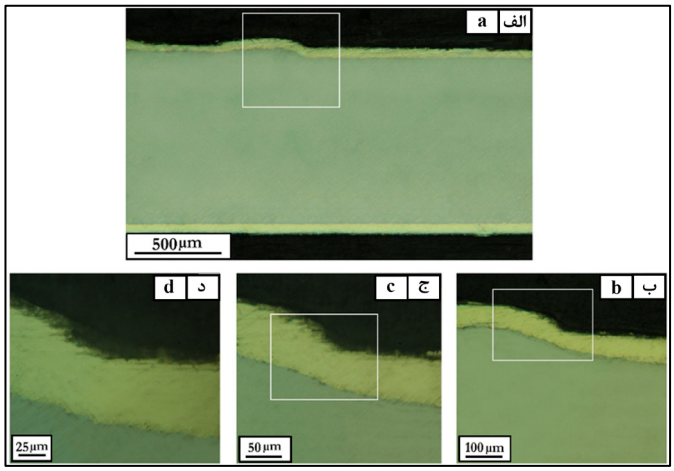
می‌شود و سکه‌های مد نظر تولید می‌شود. در فرایند موسوم به سکه‌زنی معمولاً قالب پایینی ثابت بوده است و قالب بالایی متحرک است. از این رو پس از ورود ورق به محفظه، قالب بالایی به سمت پایین حرکت می‌کند و سکه مد نظر ضرب می‌گردد لازم به ذکر است که در قسمت بیرونی قالب نیز بخشی تحت عنوان کولار (Collar) در نظر گرفته شده است که مانع خارج شدن ورق از قالب می‌گردد. در نتیجه با بکارگیری این روش علاوه بر حفظ مقاومت به خوردگی، ارزش ریالی فلز به کار رفته در سکه‌های ۵۰ دیناری نیز به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد زیرا قیمت آهن در بازار بسیار از مس و آلیاژهای آن ارزان‌تر است لذا ذوب سکه‌های ۵۰ دیناری اصطلاحاً ساندویچی و تبدیل آن‌ها به شمش و فروش در بازار آزاد دیگر برای سودجویان صرفه اقتصادی نداشت در نتیجه تغییر مکانیسم ضرب منجر به حفظ سرمایه ملی گردید (زبرجد، ۱۳۹۲، ص۳۳۱–۳۴۵؛ سیدین، ۱۳۹۷، ص۱۰۶–۱۱۴)



شکل ۱۱. الف) تصویر شماتیک از فرایند نورد اتصالی به همراه فرایند سکه‌زنی

Figure 11. Schematic picture of roll bonding process along with minting process

در شکل ۱۲، تصاویر میکروسکوپ نوری از مقطع عرضی سکه ۵۰ دیناری اصطلاحاً ساندویچی ضرب شده در سال ۱۳۵۶ تحت بزرگنمایی‌های مختلف آورده شده است. در این تصاویر ساختار ۳ لایه‌ی این سکه‌ها به خوبی قابل‌مشاهده است به صورتی که از یک هسته و یا مغز آهنی به همراه روکشی از جنس آلیاژهای پایه مس که در برابر خوردگی مقاوم‌تر هستند، تشکیل‌شده است. علاوه بر ساختار ۳ لایه، اتصال کاملاً مطلوب و ایدئال بین این ۳ لایه حتی در قسمت‌هایی که تصاویر و اعداد بر روی سکه ضرب شده است، دیده می‌شود و ضخامت لایه‌های پایین و بالا نیز در سرتاسر نمونه کاملاً ثابت و یکسان است. به‌علاوه، باید به این موضوع اشاره شود که این سکه‌ها به دلیل استفاده از هسته آهنی از خاصیت مغناطیسی نیز برخوردار هستند.



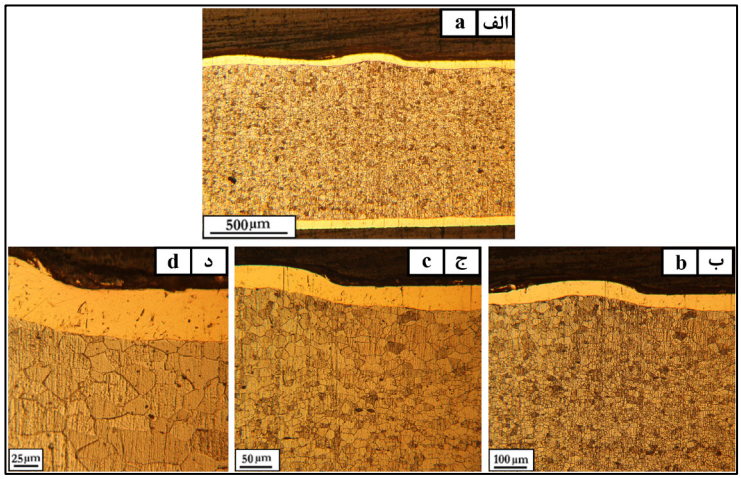
شکل ۱۲. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع عرضی سکه‌های ۵۰ دیناری ضرب شده در سال ۱۳۵۶ (۲۵۳۶ شاهنشاهی) تحت بزرگنمایی‌های مختلف

Figure 12. OM image from cross-section of 50-Dinar coin minted in 1977 (2536 Iranian Kingdom) under different magnification

در شکل ۱۳ نیز تصاویری از سکه مذکور پس از حکاکی (Etch) در محلول نایتال[۳] (Nital) به مدت زمان ۲۵ ثانیه، به منظور بررسی ریزساختار هسته یا مغز آهنی آورده شده است (Voort, 1999, pp.153-154). بر اساس ریزساختار تصاویر میکروسکوپی ارائه شده تحت بزرگنمایی مختلف، می‌توان به خوبی به این نکته شاره کرد که در خلال مراحل مختلف فرایند تاب‌کاری[۴] (Anneal) انجام گرفته است زیرا دانه‌بندی هسته آهنی به نحوی است که می‌توان گفت دانه‌ها تقریباً هم‌محور (Equiaxed Grain) هستند که هم‌محور بودن دانه‌ها نشان‌دهنده‌ی انجام فرایند تاب‌کاری در خلال فرایند تولید است زیرا چنانچه فرایند تاب‌کاری در مراحل مختلف ساخت انجام نمی‌گردید، دانه‌ها به واسطه عبور از زیر غلتک‌ها در حین فرایند نورد در جهت انجام فرایند نورد به صورت کشیده

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

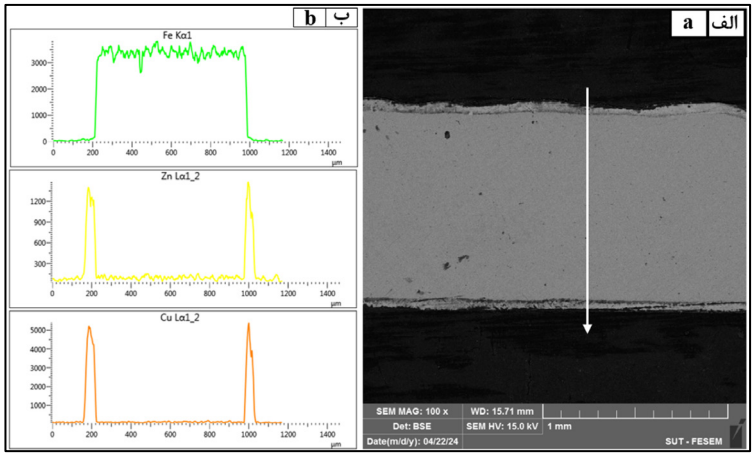
(Elongated Grain) در می‌آمدند که می‌توانست به واسطه تغییر خواص مکانیکی ورق، انجام فرایند سکه‌زنی را دچار اختلال کند (زبرجد، ۱۳۹۲، ص۱۰۶-۱۱۴).



شکل ۱۳. تصویر میکروسکوپ نوری از مقطع عرضی سکه‌های ۵۰ دیناری ضرب شده در سال ۱۳۵۶ (۲۵۳۶ شاهنشاهی) پس از حکاکی تحت بزرگنمایی مختلف

Figure 13. OM image from cross-section of 50-Dinar coin minted in 1977 (2536 Iranian Kingdom) after etching under different magnification

تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از مقطع عرضی سکه‌ی ۵۰ دیناری اصطلاحاً ساندویچی ضرب شده در سال ۱۳۵۶ که با استفاده از آشکارساز BSE گرفته شده است، به همراه آنالیز عنصری خطی آن در شکل ۱۴ آورده شده است. کنتراست تصویر قسمت الف نشان‌دهنده‌ی ساختار ۳ لایه این سکه‌هاست و آنالیز عنصری خطی انجام گرفته بر روی مقطع عرضی نشان می‌دهد که بر خلاف تمامی منابع مکتوب، آلیاژ مورد استفاده برای محافظت از هسته آهنی متشکل از مس و روی است؛ به عبارت دیگر، می‌توان گفت که بر خلاف تمام منابعی که از آلیاژ برنز نام برده‌اند، از آلیاژ برنج برای محافظت از هسته‌ی آهنی استفاده شده است (برای حصول اطمینان از این موضوع که بر خلاف منابع مکتوب از آلیاژ برنج برای محافظت از هسته‌ی آهنی سکه ۵۰ دیناری اصطلاحاً ساندویچی استفاده شده است، از قسمت‌های دیگر این سکه نیز با استفاده از میکروسکوپ الکترونی تصویربرداری گردید که این تصاویر در شکل ۱۵ قابل ملاحظه است.) همچنین بر پایه نتایج آنالیز عنصری خطی انجام شده می‌توان گفت که ضخامت نهایی لایه‌ی برنجی مورد استفاده برای محافظت از هسته‌ی آهنی در هر سمت از سکه تقریباً برابر ۶۰ میکرومتر است.



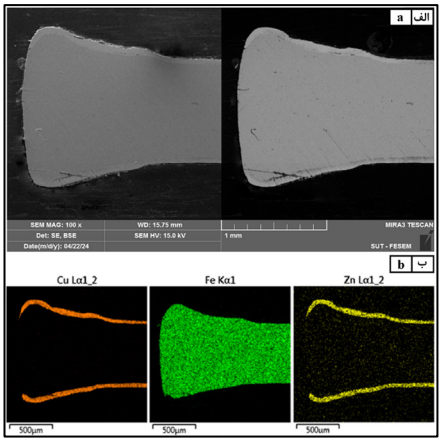
شکل ۱۴. الف) تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از مقطع عرضی سکه ۵۰ دیناری ضرب شده در سال ۱۳۵۶ (۲۵۳۶ شاهنشاهی) ب) آنالیز عنصری خطی از قسمت مشخص شده در تصویر قسمت الف

Figure 14. a) SEM image from cross-section of 50-Dinar coin minted in 1977 (2536 Iranian Kingdom) b) EDS Elemental linescan across specified arrow in part a

نتایج حاصل از تصویربرداری و انجام آنالیز عنصری از قسمت ابتدایی سکه‌های ۵۰ دیناری اصطلاحاً ساندویچی مطابق با شکل ۱۴ و جدول ۷، بیانگر صحت نتیجه آنالیز عنصری خطی ارائه شده در قسمت ب شکل ۱۴ است. نقشه توزیع عناصر ارائه شده در

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

قسمت ب شکل ۱۵ نشان می‌دهد که در این سکه‌ها از آلیاژ برنج (مس/روی) برای محافظت از هسته‌ی آهنی استفاده شده است که دلیل فنی آن را می‌توان به ارزان‌تر بودن روی (Zinc) مورد استفاده در آلیاژ برنج نسبت به قلع (Tin) مورد استفاده در برنز نسبت داد اما هیچ دلیلی قانع کننده‌ای جز ناآگاهی و عدم اطلاع کافی از دانش متالورژی برای گزارش نادرست جنس آلیاژ روکش در منابع یافت نگردید. در انتها می‌توان به این نکته اشاره کرد در سال ۱۹۹۲ میلادی بانک مرکزی انگلیس نیز پس افزایش جهانی قیمت مس تصمیم به تغییر مکانیسم ضرب برخی از سکه‌های خود گرفت که طی آن مکانیسم ضرب سکه‌های ۱ پنی (Penny) تغییر پیدا کرد و از آن پس، این سکه‌ها با استفاده از مکانیسم فرایند نورد اتصالی مذکور (فرایند نورد ساندویچی)، ضرب گردیدند (royalmint.com, World's Leading Export Mint Company)



شکل ۱۵. الف) تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از مقطع عرضی سکه ۵۰ دیناری ضرب شده در سال ۱۳۵۶ (۲۵۳۶ شاهنشاهی) ب) نقشه توزیع عناصر از تصویر قسمت الف

Figure 15. a) SEM image from cross-section of 50-Dinar coin minted in 1977 (2536 Iranian Kingdom) b) Elemental distribution map from the part a

جدول ۷. ترکیب شیمیایی هسته (مغز) آهنی و روکش برنجی سکه‌های ۵۰ دیناری اصطلاحاً ساندویچی

Tab 7. Chemical composition of iron core and brass coat of sandwich 50-Dinar coin

% WT	Fe	C	Cu	Zn	other
Iron Core	99.08	0.19	–	–	Bal.
Brass Coating	–	–	97.11	2.43	Bal.

٤-٥. بحث در یافته‌ها

اولین سری از سکه‌های ۵۰ دیناری در دوره‌ی پهلوی دوم در سال ۱۳۲۲ از جنس مس خالص تجاری که مطابق با نتایج حاصل از آنالیز ترکیب شیمیایی ارائه‌شده در جدول ۵ از ۹۹/۶ درصد مس تشکیل شده، ضرب گردید که پس از مدت زمان بسیار کوتاهی نهایتاً در همان سال به دلیل مقاومت به خوردگی پایین با سکه‌های اصطلاحاً برنزی جایگزین شدند. ضرب سکه‌های اصطلاحاً برنزی (مس/قلع) که نتایج حاصل از آنالیزهای عنصری انجام گرفته به وسیله‌ی آزمون طیف سنجی جرقه‌ای و پراش انرژی پرتو ایکس بر روی آن‌ها مطابق با جدول ۶، اشکال ۸ و ۹ نشان داد که جنس واقعی آن‌ها از آلیاژ برنج (مس/روی) است تحت دو جرم متفاوت (۳/۵ و ۲/۵ گرم) از سال ۱۳۲۲ تا ۱۳۵۴ ادامه داشت که در فرایند تولید آن‌ها، پیش از فرایند سکه‌زنی از مکانیسم نورد ساده استفاده می‌شد که طی آن ورق فلزی به منظور رسیدن به ضخامت مد نظر چندین مرحله از میان غلتک‌های نورد عبور کرده و نهایتاً پس از رسیدن به ضخامت مد نظر، وارد محفظه قالب شده و فرایند سکه‌زنی انجام می‌گرفت که طی آن سکه‌های مد نظر تحت شکل و ضخامت مد نظر تولید می‌شدند. لازم به ذکر است که دسته اول از سکه‌های ۵۰ دیناری اصطلاحاً برنزی، از سال ۱۳۲۲ تا سال ۱۳۳۲ و قبل از تحریم اقتصادی ایران در دوره‌ی نخست وزیری مصدق با جرم ۳/۵ گرم ضرب می‌شدند اما تحریم اقتصادی ایران منجر به افزایش قیمت فلزات مختلف شد که این موضوع نهایتاً منجر به پیشی گرفتن ارزش فلز مس به کار رفته در سکه ۵۰ دیناری از ارزش ریالی آن شد در نتیجه در سال ۱۳۳۲ پیرو مصوبه ارائه شده به مجلس، جرم سکه‌های ۵۰ دیناری از ۳/۵ گرم به ۲/۵ گرم کاهش یافت و به تبع این کاهش جرم، از ضخامت سکه‌های ۵۰ دیناری کاسته شد و در ادامه سکه‌های اصطلاحاً برنزی دسته دوم با جرم ۲/۵ گرم از سال ۱۳۳۲ تا سال ۱۳۵۴ ضرب شدند اما در نهایت تورم افسار گسیخته اواخر دهه ۴۰ و اوایل دهه ۵۰ منجر گردید که مجدداً ارزش فلز مس به کار رفته در سکه‌های ۵۰ دیناری از ارزش ریالی آن فاصله بگیرد که این موضوع با فراهم آوردن

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

زمینه لازم جهت ذوب سکه‌های ۵۰ دیناری به منظور تولید شمش و فروش آن در بازار، مورد توجه سودجویان قرار گرفت (حق‌صفت، ۱۳۹۲؛ عالیخانی، ۱۳۸۱) و با توجه به اینکه از لحاظ فنی دیگر امکان کاهش جرم و به تبع آن کاهش ضخامت سکه‌های ۵۰ دیناری وجود نداشت مکانیسم نورد پیش از فرایند سکه زنی از فرایند نورد ساده به فرایند نورد اتصالی (نورد ساندویچی) تغییر یافت که امکان تولید سکه‌هایی که مغز آن‌ها را فلزی با ارزش ریالی پایین (آهن) و سطح آن‌ها را آلیاژهای مقاوم به خوردگی (آلیاژهای مس) تشکیل داده است، فراهم می‌آورد (Hosford & Caddell, 2011;) و در نتیجه سکه‌های تولید شده با این روش علاوه بر برخورداری از استحکام و ضخامت کافی به دلیل وجود مغز آهنی، به سبب وجود روکشی از آلیاژهای پایه مس در برابر خوردگی نیز مقاوم بودند. این سکه‌ها، اصطلاحاً به سکه‌های ساندویچی معروف شدند و جز معدود سکه‌هایی بودند که از خاصیت مغناطیسی برخوردار بودند (زبرجد، ۱۳۹۲). همچنین لازم به ذکر است که در منابع مختلف به این موضوع اشاره شده است که جنس آلیاژ روکش آن‌ها از برنز است اما نتایج حاصل از آنالیز عنصری انجام گرفته در این پژوهش مطابق با شکل ۱۴ و ۱۵ نشان داد که از آلیاژ برنج به‌عنوان روکش در این سکه‌ها استفاده شده است. ضرب سکه‌های ۵۰ دیناری اصطلاحاً ساندویچی بر خلاف سایر سکه‌های دوره‌ی پهلوی تا سال ۱۳۵۸ یعنی یک سال پس از انقلاب و تغییر نظام سیاسی حاکم بر ایران ادامه داشت که این موضوع سکه‌ی ۵۰ دیناری را تبدیل به اولین و آخرین سکه‌ی ضرب شده در نظام جمهوری اسلامی با نماد شیر و خورشید کرد. نحوه اتصال در فرایند نورد اتصالی (نورد ساندویچی) که پیش از فرایند سکه‌زنی در تولید سکه‌های ۵۰ دیناری اصطلاحاً ساندویچی مورد استفاده قرار می‌گیرد، با ۳ مکانیسم مختلف نظیر به هم پیوستگی و یا قفل شدگی مکانیکی (Mechanical interlocking)، مکانیسم نفوذ سطحی (Interfacial bonding) و تبلور مجدد (Recrystallization) توجیه می‌شود (Narayanan & Dixit, 2015; Danesh Manesh & Taheri, 2011) و عوامل مختلفی می‌تواند در کیفیت این اتصال اثر گذار باشد که آماده‌سازی اولیه سطوح (میزان تمیزی و مقدار زبری اولیه سطوح پیش از انجام فرایند نورد)، میزان کاهش ضخامت در حین فرایند نورد اتصالی، دمای پیشگرم، دمای نورد، عملیات حرارتی پس از نورد، ضریب اصطکاک بین غلتک‌ها و قطعه کار، قطر غلتک‌ها و غیره از جمله مهم‌ترین این عوامل می‌باشند که بر کیفیت محصول نهایی تأثیر می‌گذارند (Vaidyanat & Nicholas, 1959)؛ اما می‌توان اذعان کرد که آماده‌سازی اولیه سطوح مهم‌ترین پارامتر در فرایند نورد اتصالی محسوب می‌شود و پیش از انجام فرایند نورد، باید نخست سطوح به نحوی آماده‌سازی شوند که عاری از هرگونه آلودگی محیطی و لایه اکسیدی باشند و در ادامه نیز به منظور ایجاد قفل‌های مکانیکی و به تبع آن اتصال مکانیکی هر چه بهتر، سطوح به صورت کنترل شده توسط فرایندهای مختلف صنعتی زبر و ناهموار می‌گردد تا اتصال مطلوب‌تری بین لایه‌های مختلف شکل بگیرد (Jamaati & Toroghinejad, 2011; Zhang & Bay, 1994).

۵. نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش و مقایسه‌های صورت گرفته با دوران متأخرتر نشان داد که انعکاس و بازتاب شرایط سیاسی و اقتصادی حاکم بر ایران و جهان در دوران پهلوی دوم نظیر افزایش قیمت جهانی فلزات، تحریم اقتصادی ایران در دوران نخست وزیری مصدق و تورم افسار گسیخته ایران در سال‌های پایانی دهه ۴۰ و سال‌های ابتدایی دهه ۵۰، به خوبی در جرم، جنس و مکانیسم به کار گرفته شده در ضرب سکه‌های ۵۰ دیناری و سایر سکه‌های ضرب شده در این دوران دیده می‌شود به عبارت دیگر می‌توان گفت که نتایج حاصل از این پژوهش، مجدداً نشان دهنده‌ی درستی، صحت و عمومیت گزاره "سکه‌ها آیینه‌ی تمام نمای وضعیت اقتصادی، سیاسی و اجتماعی هستند" در هر زمان و دوران حتی پس از تغییر مکانیسم ضرب سکه از حالت چکشی (روش سنتی) به حالت ماشینی (روش مدرن) و استفاده از فرایندهای جدید شکل‌دهی و اتصال مواد در ضرب سکه‌ها نظیر فرایند نورد اتصالی (نورد ساندویچی) است. همچنین بر پایه مستندات تاریخی و نتایج آزمایشگاهی می‌توان گفت که اولویت ایجاد تغییر در سکه‌ها به منظور جلوگیری از سو استفاده سودجویان در زمان پیشی گرفتن ارزش فلز به کار رفته در سکه‌ها از ارزش ریالی آن‌ها، به ترتیب تغییر در جنس، جرم و مکانیسم ضرب سکه‌ها بوده است. بر همین اساس، تحریم‌های اقتصادی در دوره نخست وزیری مصدق موجب تغییر جرم سکه ۵۰ دیناری و همچنین تغییر جنس و جرم سایر سکه‌های (۱، ۲ و ۵ ریالی) ضرب شده در این دوره گردید و با توجه به امکان پذیر نبودن کاهش جرم برای ضرب سکه‌های ۵۰ دیناری به لحاظ فنی، تورم افسار گسیخته اواخر دهه چهل و اوایل دهه ۵۰ منجر به تغییر مکانیسم تولید سکه‌های ۵۰ دیناری و استفاده از فرایند نورد اتصالی (نورد ساندویچی) گردید. نتایج مطالعات باستان‌سنجی صورت گرفته با استفاده از آزمون طیف‌سنجی جرقه‌ای، میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به طیف‌سنج پراش انرژی اشعه ایکس نشان داد که نخست، جنس سکه‌های ۵۰ دیناری اصطلاحاً برنزی ضرب شده تحت دو جرم متفاوت در دوره‌ی پهلوی، بر خلاف نام آن‌ها، برنج (مس/روی) است و همچنین مجدداً از آلیاژ برنج برای حفاظت از هسته‌ی آهنی در سکه‌های ۵۰ دیناری اصطلاحاً ساندویچی استفاده شده است که دلیل فنی مهندسی این موضوع را می‌توان به ارزان‌تر بودن روی

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

مورد استفاده در آلیاژ برنج در مقایسه با قلع مورد استفاده در برنز نسبت داد اما دلیلی جز ناآگاهی و عدم اطلاع کافی از دانش متالورژی و نحوه نام‌گذاری آلیاژهای مختلف پایه مس برای گزارش نادرست این موضوع در منابع نمی‌توان ذکر کرد.

مشارکت نویسندگان: میزان مشارکت کلیه نویسندگان در این پژوهش به شرح زیر است: سعید صفری: ایده‌پردازی، روش‌شناسی، آماده‌سازی اولیه نمونه‌ها، تحقیق و بررسی، مدیریت و تنظیم داده‌ها، تصویرسازی داده‌ها، نگارش پیش‌نویس اولیه مجید منتظر ظهوری: روش‌شناسی، اعتبارسنجی، تحلیل رسمی، نگارش پیش‌نویس اولیه، مدیریت پروژه، بازبینی و ویرایش متن محمد قربانی: روش‌شناسی، اعتبارسنجی، مدیریت پروژه، بازبینی و ویرایش متن در انتها لازم به ذکر است که تمام نویسندگان نسخه منتشر شده مقاله را مطالعه کرده و با آن موافقت نموده‌اند.

تأمین مالی: این پژوهش هیچ بودجه خارجی دریافت نکرده است.

تضاد منافع: نویسندگان هیچ‌گونه تضاد منافع را اعلام نمی‌کنند.

دسترسی به داده‌ها و مواد: مجموعه داده در صورت درخواست از نویسندگان در دسترس است (داده‌های خام پشتیبانی کننده نتایج این مقاله در صورت درخواست، توسط نویسندگان در دسترس قرار خواهد گرفت، اگرچه لازم به ذکر است که مجموعه نمونه‌های فیزیکی آماده‌سازی شده در طول پژوهش حاضر به دلیل عدم دسترسی عمومی، در دسترس عموم نیستند.)

پی‌نوشت‌ها

[۱] ساختار کریستالی مکعبی وجوه مرکز پر (Face Centered Cubic) یکی از متراکم‌ترین آرایش‌های بلوری است که در آن اتم‌ها در گوشه‌های مکعب و مرکز هر وجه قرار می‌گیرند. این ساختار دارای ۴ اتم در هر سلول واحد و چگالی اتمی ۷۴٪ است که آن را نسبت به ساختارهای دیگر مانند ساختار مکعبی مرکزدار (Body Centered Cubic) متراکم‌تر و شکل‌پذیرتر می‌کند. فلزاتی نظیر آلومینیوم، مس و نقره دارای این ساختار می‌باشند.

[۲] با توجه به اینکه در بازه‌ی زمانی کوتاهی تاریخ رسمی کشور به تاریخ شاهنشاهی تغییر یافت و سکه‌ها در این بازه زمانی با تاریخ شاهنشاهی ضرب شدند علاوه بر ذکر تاریخ شمسی از تاریخ شاهنشاهی نیز به منظور توصیف سکه‌های ضرب شده در بازه‌ی زمانی مذکور استفاده شده است تا از بروز هرگونه کژفهمی جلوگیری به عمل آید.

[۳] محلول حکاکی (Etchant) نایتال محلولی است حاوی ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک در ۹۵ میلی‌لیتر اتانول است که از این محلول برای حکاکی فولاد استفاده می‌گردد

[۴] فرایند تابکاری یک از انواع عملیات‌های حرارتی فلزات است که هدف اصلی آن، تغییر خواص خواص مکانیکی، کاهش تنش‌های داخلی، افزایش شکل‌پذیری، و یا آماده‌سازی فلز برای فرایندهای بعدی است. تابکاری معمولاً شامل گرم‌کردن ماده تا دمای مشخص، نگه‌داشتن آن دما برای مدت زمان معین، و سپس سرد کردن کنترل شده است.

منابع

References

Abrahamian, E. (1982). Iran between two revolutions. Princeton University Press.

Alikhani, A. (2002). The memories of economics minister. Blue press. [in Persian]

Bakhshandehfard H, Javeri M. (2017). Technical Characterization and Reading of Coin Line Drawing on Copper Alloy Coins Excavated Technical Characterization and Reading of Coin Line Drawing on Copper Alloy Coins Excavated from the Historic Site of Faizabad Kashan . *JRA. 3*(2), 61-79. [in Persian] https://doi.org/10.29252/jra.3.2.61 URL: http://jra-tabriziau.ir/article-1-97-fa.html

Brooks, C. R. (1982). Heat treatment, structure and properties of nonferrous alloys. ASM international.

Caley, E. R. (1950). Notes on the chemical composition of Parthian coins with special reference to the drachms of Orodes I. Ohio Journal of Science (Ohio Academy of Science), 50(3), pp.107-120.

Caley, E. R. (1955). Chemical composition of Parthian coins, American Numismatic Society.https://kb.osu.edu/server/api/core/bitstreams/b3aecdbf-ae1d-55c3-bb00-48713a69d92f/content

Danesh Manesh, H., & Karimi Taheri, A. (2004). Study of mechanisms of cold roll welding of aluminium alloy to steel strip. Materials science and technology, 20(8), pp.1064-1068. https://doi.org/10.1179/174328413X13789824293461

Esfahani, H. S., & Pesaran, M. H. (2009). The Iranian economy in the twentieth century: A global perspective. Iranian Studies, 42(2), pp.177-211. https://doi.org/10.1080/00210860902764896

Haghsefat, A. (2013). Coins collection of Pahlavi dynasty. Pazineh press; 2013. [in Persian]

Harvey, K. (2013). History and material culture. Routledge press.

Hosford, W.F., & Caddell, R.M. (2011). Metal forming: mechanics and metallurgy. Cambridge university press.

Jamaati, R., & Toroghinejad, M.R. (2011). The role of surface preparation parameters on cold roll bonding of aluminum strips. Journal of Materials Engineering and Performance, 20, pp.191-197. https://doi.org/10.1007/s11665-010-9664-7

Katouzian, H. (1981). The political economy of modern Iran: Despotism and pseudo-modernism, 1926–1979. Springer.

[DOI: 10.61882/jra.10.2.438]
Downloaded from jra-tabriziau.ir at 22:52 +0330 on Monday November 2nd 2026

from the village of Tis Chabahar. Journal of Iranian archaeological research, 9(22), pp. 181-196. [in Persian] 10.22084/nbsh.2019.17155.1798

Maloney, S. (2015). Iran's political economy since the revolution. Cambridge University Press.

Matoofi, F. (2006), Copper and its alloys, Fadak Isatis press. [In Persian]

Moshir, M. (2001). Mosaddegh in Qajar and Pahlavi period. Honar press. [in Persian]

Narayanan, R., & Dixit, U. (2015). Advances in Material Forming and Joining. Topics in Mining Metallurgy & Materials Engineering.

RazaviZadeh, H. (2003). Copper metallurgy. Iran science & technology university prees. [in Persian]

Rezaei, M.H, Saadat M.A., Abolbashari P., & Kianzadegan. S. (2019). The economic situation of Mashhad in the Qajar period (Naseri era) based on the elemental analysis of the coins minted in Mashhad (1850-1878 AD) by pixie method. Great Khorasan Research Journal, 10(35), pp.1-20. [in Persian]https://jgk.imamreza.ac.ir/article_137940.html

Sarfaraz, A. A., & Avaramani F. (2015). Coins of Iran from the beginning Zandieh dynasty. Samt press. [in Persian]

Schmitz, C. J. (1997). The changing structure of the world metal market. Journal of European Economic History.

Seyedein, Sh. (2018). Metal forming for students. Univestiy press. [in Persian]

Shabani, R. (2010). The history of political and social developments of Iran in Afsharid and Zand periods. Samt press. [in Persian]

Shariatzadeh, A. S. (2017). Iranian coins from Achaemenid to Pahlavi dynasty. Pazineh press. [in Persian]

Takeuchi, K., Strongman, J., & Maeda, S. (1986). The world copper industry: its changing structure and future prospects. WB press.

Talafi, M., & Aboyi, V. (2006), Modern Methods of Material Identification and Analysis, Fadak Isatis press. [In Persian]

Torabi, S. J. (2002). Iranian mechanical coins. Mahd Azadi press. [in Persian]

Vaidyanath, L.R., & Nicholas, M. G. (1959. Pressure welding by rolling. British Welding Journal.

Vander Voort, G. F. (1999). Metallography, principles and practice. ASM international.

www.cbi.ir (Central bank of Islamic Republic of Iran Website)

www.royalmint.com (World's Leading Export Mint Company)

Wagenhals, G. (1984). The World Copper Market. Structure and Econometric Model. Springer-Verlag Berlin Heidelberg press.

Zebarjad, M. (2013). Metal forming. Ferdosi university press. [in persian]

Zhang, W., & Bay, N. (1994). Influence of different surface preparation methods on the bond formation in cold pressure welding. In 2nd European Conference on Joining Technology, pp.379-388.

بخشنده فرد، حمیدرضا و محسن جاوری. (۱۳۹۶). شناسایی فنی و خوانش خطوط سکه‌های مسی حفاری شده از محوطه تاریخی فیض آباد کاشان، پژوهه باستان سنجی، ۳(۲)، ص.۶۱-۷۹. https://doi.org/10.29252/jra.3.2.61

ترابی ، سید جمال. (۱۳۸۱). سکه‌های ماشینی ایران، تبریز: مهد آزادی.

تلافی، محمد و وحید ابویی (۱۳۹۳)، آشنایی با روش‌های نوین شناخت و آنالیز مواد، تهران: فدک ایساتیس.

حق صفت، عبدالعزیز. (۱۳۹۲). سکه‌های دوره پهلوی. تهران: پاژینه.

رضایی، محمد حسین؛ سعادت‌مهر، محمد امین؛ ابوالبشری، پیمان و سوسن کیان زادگان. (۱۳۹۸). اوضاع اقتصادی شهر مشهد در عصر ناصری با تکیه بر تجزیه عنصری سکه های ضرب شده در مشهد (۱۲۹۵-۱۲۶۶ق/ ۱۸۷۸-۱۸۵۰م) به روش پیکسی، پژوهشنامه خراسان بزرگ، ۱۰(۳۵)، ص. ۱-۲۰.https://jgk.imamreza.ac.ir/article_137940.html

رضوی زاده، حکمت الله. (۱۳۸۲). متالورژی مس، تهران: دانشگاه علم و صنعت.

زبرجد، مجتبی (۱۳۹۲). شکل‌دهی فلزات، مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.

سرافراز، علی اکبر و فریدون آورزمانی. (۱۳۹۴). سکه‌های ایران از آغاز تا دوران زندیه، تهران: سمت.

سیدین، شهرام. (۱۳۹۷). شکل‌دهی فلزات برای دانشجویان، مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد

شریعت زاده، علی اصغر. (۱۳۹۳). سکه‌های ایران زمین از دوران هخامنشی تا سلسله پهلوی، تهران: پازینه.

شعبانی، رضا. (۱۳۸۹). تاریخ تحولات سیاسی – اجتماعی ایران در دوره های افشاریه و زندیه، تهران: سمت.

عالیخانی، علینقی. (۱۳۸۱). خاطرات علینقی عالیخانی، وزیر اقتصاد ایران، تهران: آبی.

کیان زادگان، سوسن؛ رجائی، سیدجلال؛ مسجدی خاک، پرستو و محمدامین سعادت مهر. (۱۳۹۸). تجزیه عنصری سکه های پیروز ساسانی به روش پیکسی(PIXE) ، مطالعه ی موردی: سکه های گنجینه ی پیروزگت کشف شده از روستای تیس چابهار، پژوهش‌های باستان شناسی ایران، ۹ (۲۲)، ص. ۱۸۱-۱۹۶. nbsh.2019.17155.1798/۱۰.۲۲۰۸۴

مشیر، مرتضی. (۱۳۸۰). مصدق در دوران قاجار و پهلوی، تهران: هنر.

معطوفی، فتح الله. (۱۳۸۵). کلید مس و آلیاژهای وابسته، تهران: فدک ایساتیس.