



Berg Huettenmaenn Monatsh (2024) Vol. 169 (9): 510–515
<https://doi.org/10.1007/s00501-024-01488-y>
© The Author(s) 2024

BHM Berg- und
Hüttenmännische
Monatshefte

Analysen an alten Kris-Dolchen sowie Nachschmiedung eines Dolchs

Wolfgang Scheiblechner¹, Susanne Strobl² und Roland Haubner²

¹Kunstschmied, Palfau, Österreich

²Technische Universität Wien, Wien, Österreich

Eingegangen 13. Mai 2024; angenommen 13. Juni 2024; online publiziert 17. Juli 2024

Zusammenfassung: Indonesische Krisdolche wurden mittels eines tragbaren RFA-Geräts untersucht. Zwei von vier Krisen enthielten Ni, was auf die Verwendung von Meteoriteneisen hindeutet. Bei einem weiteren Kris aus Privatbesitz wurden Ni Konzentrationen im Prozentbereich gemessen, was eher auf die Verwendung eines Ni-reichen Stahls hindeutet. Es wurde auch ein gewellter Kris nachgeschmiedet und das Gefüge sowie die Qualität der Feuerverschweißungen metallographisch überprüft.

Schlüsselwörter: Kris, Schmieden, RFA, Metallographie

Analyses of Old Kris Daggers and Reforging of a Dagger

Abstract: Indonesian Kris daggers were examined using a portable XRF equipment. Two of four Krises contained Ni, suggesting the use of meteorite iron. In another privately owned Kris, Ni concentrations were measured in the percentage range, which rather indicates the use of a Ni-rich steel. A corrugated Kris was also reforged and the microstructure and quality of the fire welds were checked by metallography.

Keywords: Kris, Forging, XRF, Metallography

1. Einleitung

Kris oder auch Keris (auf Javanesisch schneiden) bezeichnet eine traditionelle indonesische/südostasiatische Waffe, die zur Jagd oder im Kampf eingesetzt wird. Definiert wird ein Kris als eine Form von Dolch und somit als stechendes Werkzeug. Besonders aufwändig gefertigte Krise gelten in Indonesien und Malaysia als Statussymbole und werden

Prof. Dr. R. Haubner (✉)
Technische Universität Wien,
Österreich Getreidemarkt 9/164-03,
1060 Wien, Österreich
roland.haubner@tuwien.ac.at

bei traditionellen Zeremonien eingesetzt. Teilweise gelten sie auch als heilige Erbstücke mit übernatürlichen Eigenschaften [1].

1.1 Der Kris, ein indonesischer Dolch

Kennzeichnend für Krise sind deren asymmetrische Klingebasis und unterschiedliche Klingebereiche. Diese können gerade oder gewellt sein (Abb. 1).

Die Klinsen weisen auch dekorative Muster auf, die durch die Verwendung verschiedener Eisenlegierungen erhalten werden. Es kommt dabei die Falt-Schmiedetechnik zum Einsatz, die von Meisterschmieden praktiziert wird [1, 2].

Als Ausgangsmaterialien finden Stahl, Eisen, Nickel haltiges Meteoriteneisen und/oder Nickel Verwendung, welche durch Feuerverschweißen verbunden werden. Die verschiedenen Kohlenstoffgehalte, aber auch das Nickel bewirken den guten Kontrast an der Klingenoberfläche. Diese Methode wird auch als Damaszentechnik bezeichnet [3, 4].

Heute werden noch immer Krise nach der traditionellen Methode hergestellt.

1.2 Damaszenerntechnik

Erste Beschreibungen von Damaszenerklinsen stammen aus dem 6. Jh.n. Chr., wobei diese Technik vermutlich bereits seit langem angewendet wurde. Die Europäer kamen damit während der Kreuzzüge in Kontakt [5, 6]. Aufgrund der hervorragenden Qualität wurden Damaszenerklinsen zu einem Marken-, Qualitäts- und Typenbegriff in Europa. Das Handelszentrum für diese Klinsen war zwar Damaskus, jedoch erfolgte dort nicht die Herstellung.

Bezüglich der Krisherstellung taucht auch der indonesische Begriff „pamor“ auf, was einerseits Schweißen bedeutet und andererseits das Schweißmuster der Klinge beschreibt. Daher sind die Begriffe pamor und Damaszieren gleichzusetzen [4].



Abb. 1: Krisdolche aus dem Weltmuseum Wien. a gerade, b gewellt

Das Muster im Klingenstahl wird durch Zusammenschweißen unterschiedlicher Eisen- und Stahlsorten, die auch Nickel enthalten können, erzielt. Zuerst entstehen dabei linienförmige Lagen, die durch Falten oder Zerschneiden und neuerliches Zusammenschmieden dünner und mehr werden [5]. Für indonesische Klingen sind 60 bzw. 120 Lagen typisch. Kompliziertere Muster können durch Verdrehen der geschmiedeten, noch heißen Stähle erhalten werden. Die geschmiedete Klinge wird durch Schleifen in ihre endgültige Form gebracht, und die typischen Strukturen werden danach durch Ätzen sichtbar gemacht. Durch längeres Ätzen kann ein Relief erzeugt werden (Reliefätzung). Traditionellerweise werden in Indonesien Arsenik und Zitronensaft gerieben und dieses Gemisch mit einer Bürste auf die Klinge aufgetragen [4].

Westliche Reisende berichteten bereits Anfang des 16. Jhd. von Krisen. Während der Kolonialzeit gelangten Krisen in diverse europäische Sammlungen, so z. B. in Wien, Oxford, Florenz u. a. [7].

2. Experimentelles

Das tragbare Röntgenfluoreszenzgerät (RFA), Modell X-MET8000 mit Optimum Alloy Flexi Package von HITACHI, wurde für die Analysen verwendet.

Proben von Zwischenschritten der Krisherstellung wurden metallographisch untersucht.

Von den zur Verfügung gestellten Proben wurden zunächst durch Trennen geeignete Stücke entnommen. Nach der Kalteinbettung in Epoxidharz wurde metallographisch

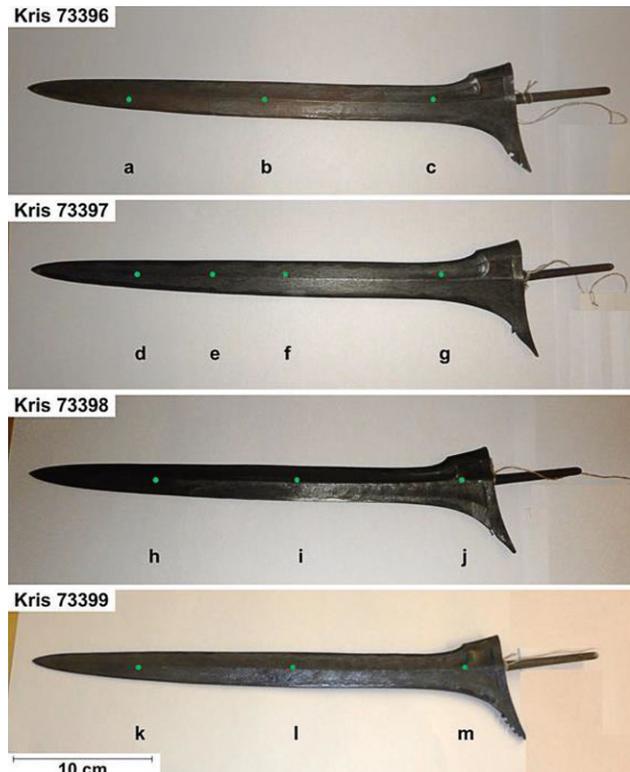


Abb. 2: Krisdolche aus dem Weltmuseum Wien, an denen RFA-Messungen durchgeführt wurden. Die Analysenwerte an den markierten Stellen sind in Tab. 1 zusammengestellt

präpariert (Planschleifen, Politur mit 9, 3 und 1 μm Diamantsuspension).

Da derartige Gefüge bereits eingehend untersucht wurden, erfolgte nur eine Ätzung mit Nital-Lösung, um den Gefügestand zu überprüfen [8].

Für die Untersuchungen wurde ein Lichtmikroskop (LOM) verwendet.

TABELLE 1													
RFA-Analysen an verschiedenen Positionen der Kris-Dolche aus dem Weltmuseum (Gew.%)													
Gew. %	Kris 73396			Kris 73397				Kris 73398			Kris 73399		
Punkt	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
Fe	98,97	99,43	99,47	99,13	99,39	99,24	99,57	99,53	99,15	99,08	98,28	99,22	99,25
Ni	0,40	0,07	0,21	–	–	–	–	–	–	–	0,76	0,21	0,28
Ti	0,38	0,29	0,14	0,17	0,22	0,33	0,25	0,15	0,43	0,46	0,18	0,30	0,22
Mn	0,11	0,11	0,04	0,36	0,18	0,27	0,02	0,16	0,26	0,03	0,34	0,15	0,07
Cu	0,04	0,02	0,04	0,07	0,07	0,05	0,02	0,07	0,08	0,04	0,09	0,03	0,05
As	0,03	0,03	0,05	0,22	0,11	0,09	0,09	0,05	0,06	0,28	0,08	0,06	0,08
Cr	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04
V	0,01	–	0,01	–	0,01	0,01	–	–	–	0,02	–	–	0,01
Co	0,02	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–



Abb. 3: Kris aus Privatbesitz **a** Kris mit Scheide, **b** Positionen an denen RFA-Messungen durchgeführt wurden (*gelb*– Vorderseite; *grün*– Rückseite; *rot*– Griffhalterung), **c, d** Detailaufnahmen der Klinge. Die Analysenwerte sind in den Tab. 2 und 3 zusammengestellt

TABELLE 2
RFA-Analysen an verschiedenen Positionen des Kris einer Privatperson. (Gew.%)

Gew. %	Kris privat										
Punkt	a	b	c1	c2	c3	d	e	f	h	i	j
Fe	91,75	94,40	94,21	93,27	94,09	93,81	89,04	91,46	93,65	90,81	92,60
Ni	2,18	2,37	2,70	2,18	1,83	2,39	4,00	4,06	2,46	2,15	2,70
Cu	0,08	0,06	0,10	0,11	0,13	0,11	–	–	0,07	0,06	0,08
As	0,01	0,02	0,01	0,02	–	–	–	–	–	0,02	0,01
Cr	0,07	0,14	0,12	–	0,08	0,13	0,24	0,05	0,13	0,08	0,14
Co	0,15	0,12	0,17	0,14	0,17	0,10	0,02	0,11	0,26	0,12	0,07
Si	2,02	1,58	1,41	2,48	1,88	2,10	3,76	2,78	1,37	4,47	2,73
Zr	0,67	–	–	–	0,79	–	–	0,11	0,93	–	–
Al	2,26	0,95	0,89	1,20	0,57	0,84	1,06	0,84	0,48	1,63	1,21
P	0,30	0,24	0,26	0,31	0,28	0,35	0,32	0,40	0,32	0,47	0,32
Zn	–	–	–	–	0,15	–	–	–	0,22	–	–
S	0,13	0,12	0,12	0,18	0,03	0,16	0,28	0,09	0,11	0,18	0,14
Ag	0,24	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

TABELLE 3
RFA-Analyse an der Griffhalterung des Kris einer Privatperson (Gew.%)

Gew %	g
Ag	95,25
Cu	2,42
S	0,99
Sn	0,85
Si	0,25
Fe	0,19
Zn	0,05

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 RFA Messungen an Krislingen

Als erste Fragestellung sollte geklärt werden, ob ausgewählte Krisdolche im Weltmuseum Wien Nickel enthalten oder nicht. Diese Messungen sollten Aufschluss darüber geben, ob für die Herstellung Meteoriteneisen verwendet wurde [2, 4].

Die Krise mit den entsprechenden Messpositionen sind in Abb. 2 dargestellt. Tab. 1 enthält die dazugehörigen Analysedaten.

Der Klingenstahl enthält nur wenige Verunreinigungen. Die Konzentrationsschwankungen zwischen den Messpositionen sind auf die naturgegebene Inhomogenität des Damaszenerstahls zurückzuführen.

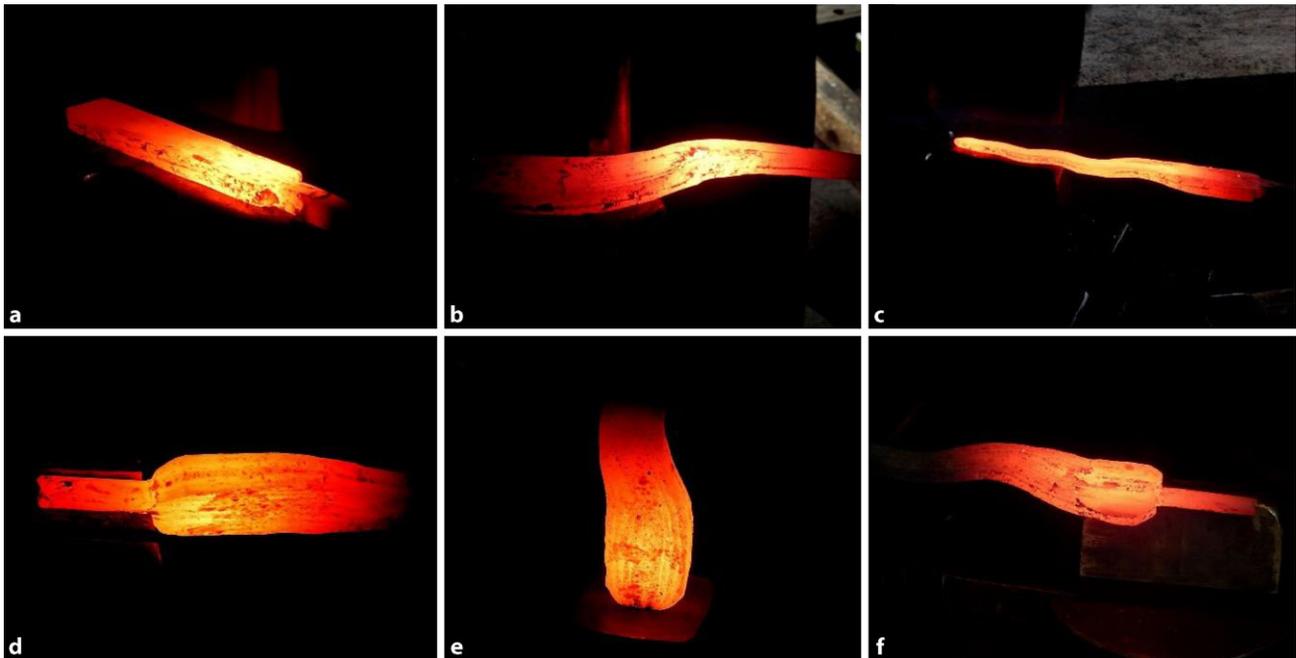


Abb. 4: Schmieden der Kris Klinge: **a** Ausschmieden des Damaszenerverbundes auf Dolchlänge; **b, c** mehrfaches Biegen um einen Dorn, um eine gewellte Klinge zu erhalten; **d** Ausschmieden eines Dorns für das Heft; **e** Klingebasis aufsetzen; **f** Ausschmieden der asymmetrischen Klingebasis

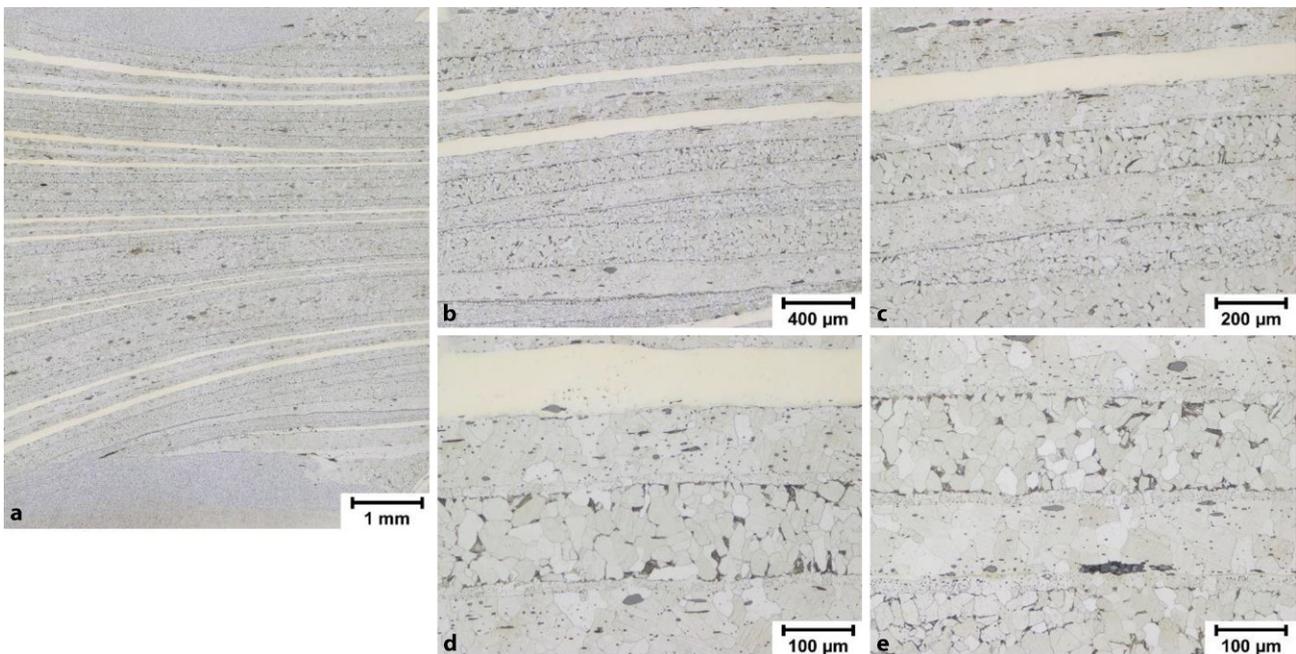


Abb. 5: Gefüge des vorbereiteten Damaszenerstahls (Nital Ätzung)

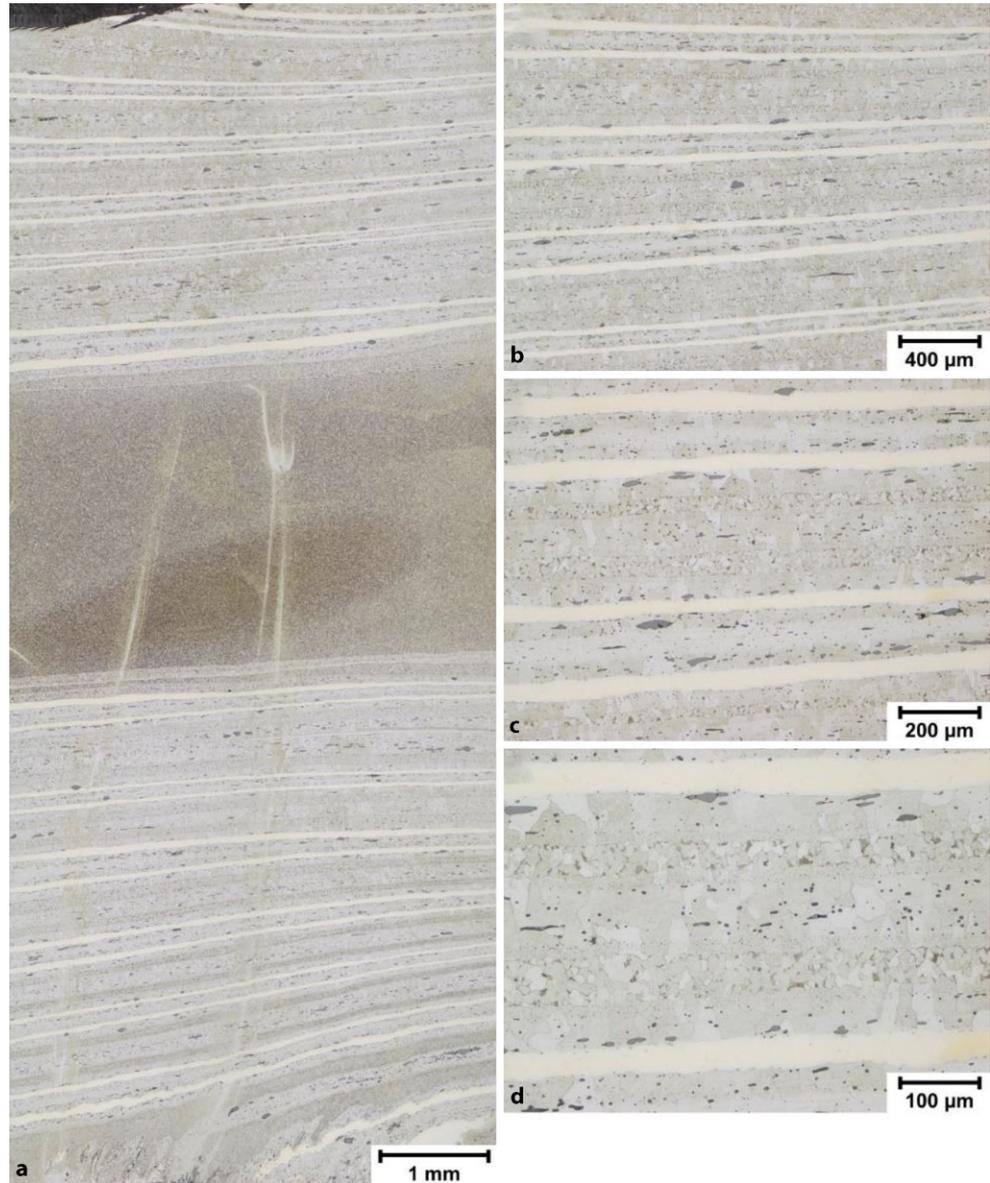
Bezüglich der obigen Fragestellung wiesen zwei Kris (73996 und 73399) Nickel auf. Dies könnte darauf hindeuten, dass hier Meteoriteneisen verwendet wurde.

Ein weiterer Kris wurde von einer Privatperson zur Verfügung gestellt (Abb. 3). Bei dieser Kris Klinge sind die gemessenen Nickelwerte mit 1,8 und 2,7 Gew. % deutlich höher als bei den Krisen aus dem Weltmuseum (Tab. 2). Im Bereich der Klingebasis wurden sogar um die 4 Gew. % Ni gemessen. In diesem Dolch wurden auch noch S und P nachge-

wiesen. Bezüglich des Ausgangsmaterials für diesen Kris dürfte ein Ni-haltiger Stahl verwendet worden sein, denn für Meteoriteneisen erscheinen die Ni-Gehalte etwas hoch [9, 10].

Die Heftzwinge des Kris besteht aus einer Silberlegierung, die 2,42 Gew. % Cu, 0,99 Gew. % S, 0,85 Gew. % Sn sowie einige andere Verunreinigungen enthält (Tab. 3).

Abb. 6: Gefüge der Krisklinge nach dem Ausschmieden (Nital Ätzung)



3.2 Nachschmiedung einer Krisklinge

Bilder von einer Auswahl der Prozessschritte sind in (Abb. 4) zusammengestellt. Zuerst wurden zwei Pakete aus Damaszenerisen hergestellt. Dazu wurden mehrere Lagen aus Reineisen, einem Stahl mit 0,1 Gew.% C (C10), Meteoriteneisen [9, 10] und Ni bei etwa 1100 °C feuerverschweißt. Dieses erste Paket wurde zerschnitten, 5 Schichten übereinandergelegt und abermals feuerverschweißt. Das Gefüge ist in Abb. 5 zu sehen.

Zwei dieser Pakete wurden mit einem C60 Stahl in der Mitte feuerverschweißt und auf etwa die Dolchlänge ausgeschmiedet (Abb. 4a). Aus diesem Prozessschritt konnte ebenfalls eine Probe metallographisch untersucht werden (Abb. 6). Um einen gewellten Kris herzustellen, wurde der Ausgangsstab im heißen Zustand mehrfach um einen Dorn gebogen (Abb. 4b, c). Danach wurde der Dorn für das Heft ausgeschmiedet (Abb. 4d) und auf die Klingebasis auf-

gesetzt (Abb. 4e). Abschließend wurde die asymmetrische Klingebasis ausgeschmiedet (Abb. 4f).

Die weitere Bearbeitung erfolgte durch Schleifen. Grob wurde mittels Schleifbändern abgetragen und zuletzt kamen Schleifpasten zum Einsatz.

3.3 Metallographie

Es wurden bereits früher verschiedene nach der Damaszenerertechnik hergestellte Verbunde metallographisch charakterisiert [11–13]. Im Wesentlichen sollte festgestellt werden ob die einzelnen Lagen gut feuerverschweißt wurden.

Eine Übersichtsaufnahme des Gefüges des ersten Damaszenerpakets ist in Abb. 5a zu sehen. Detailaufnahmen (Abb. 5b–e) zeigen, dass die einzelnen Lagen zwischen 100 und 200 μm dick sind. Am besten zu erkennen ist die Ni-Lage, denn sie zeigt keine Strukturierung. Die Reineisenlagen



Abb. 7: Nachgeschmiedete gewellte Kris Klinge

zeigen ferritisches Gefüge ohne Zementitausscheidungen, es sind aber Oxid- und Schlackeneinschlüsse erkennbar. Die Lagen aus unlegiertem C10 Stahl zeigen neben überwiegend ferritischem Gefüge auch etwas Perlit. Bei hoher Vergrößerung sind an den Grenzflächen 10–20 μm dicke Zonen erkennbar (Abb. 5e), wobei es sich um sehr feine Oxide handeln könnte.

Die Lagen aus Meteoriteneisen sind an länglichen Ausscheidungen zu erkennen, welche in ferritischer Matrix eingebettet sind. Die im „Campo del Cielo“ Meteoriten vorliegenden Phasen wurden beim Schmieden länglich verformt.

Ein Querschnitt über das Gefüge der finalen Kris Klinge wird in Abb. 6a gezeigt. Außen sind die beiden Damaszenerpakete zu sehen und in der Mitte der C60 Stahl. Die Feuerverschweißung hat gut funktioniert, denn es sind keine Fehler oder Spalten erkennbar. Die Detailaufnahmen (Abb. 6b–d) zeigen, dass die Dicken der Lagen im Damaszenerverbund durch die abermalige Schmiedung auf 50 bis 100 μm reduziert wurden.

Die fertiggestellte Kris Klinge ist in Abb. 7 zu sehen.

4. Schlussfolgerungen

Indonesische Krisdolche haben eine lange Tradition und werden auch oft für Repräsentationszwecke verwendet. Als besonders kostbar galten Kris die Meteoriteneisen enthielten. Aus der Sammlung des Weltmuseums Wien konnten mittels tragbarer RFA vier Krislingen untersucht werden. Zwei dieser Kris enthielten Ni, was auf die Verwendung von Meteoriteneisen hindeutet. Bei einem ebenfalls untersuchten Kris aus Privatbesitz wurden Ni-Konzentrationen im Prozentbereich gemessen, was darauf hindeutet, dass ein Ni-reicher Stahl verwendet wurde. Es wurde auch ein gewellter Kris nachgeschmiedet, wobei verschiedene Stahlqualitäten, Nickel und auch Meteoriteneisen kombiniert wurden. Die Qualität der Feuerverschweißungen und das Gefüge der Klinge wurden metallographisch überprüft.

Danksagung. Unser Dank gilt Herrn Mag. Reinhard Blumauer vom Weltmuseum Wien für die Unterstützung bei den RFA Messungen im Museum.

Funding. Open access funding provided by TU Wien (TUW).

Interessenkonflikt. W. Scheiblechner, S. Strobl und R. Haubner geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Purwanto, S., Nuhamidah, I.: Introduction to Kris, a traditional weapon of Indonesia: Preserved-lingering issues of facts, *Journal of English Education, Literature, and Culture*, Vol. 6, No. 2, August 2021, pp. 397–410. <https://doi.org/10.30659/e.6.2.397-410>
- Visser, S.: *Iron of the Gods*. Version, Bd. 210701. Publisher Seerp Visser (2021)
- Strobl, S., Haubner, R.: Characterisation of a San Mai Steel Composite for the Manufacture of Knives. *MSF* **1082**, 183–188 (2023). <https://doi.org/10.4028/p-5jp4r1>
- Janata, A.: *Damastahl und Pamoreisen*, *Annals of the Naprstek Museum*, Bd. 5. Prague (1966)
- Denig, H.: *Alte Schmiedekunst, Damaszenerstahl*, Arbogast, Otterbach/Pfalz (1999)
- Sherby, O.D., Wadsworth, J.: Ancient blacksmiths, the Iron Age, Damascus steels. *J. Mater. Process. Technol.* **117**, 347–353 (2001)
- Weihrauch, A.: *Ursprung und Entwicklungsgeschichte des indonesischen Kris – Historische und metallurgische Untersuchungen*. Dissertation, Universität Basel (2001)
- Strobl, S., Scheiblechner, W., Haubner, R.: Metallographic preparation of a composite of meteorite iron, steel, pure iron, and nickel manufactured by the Damascus technique. *Pract. Met.* **60**(9), 556–568 (2023). <https://doi.org/10.1515/pm-2022-1052>
- Haubner, R., Strobl, S.: Campo del Cielo – an Iron Meteorite found in Argentina. *Pract. Metallogr.* **58**, 570–580 (2021). <https://doi.org/10.1515/pm-2021-0047>
- Scheiblechner, W., Schubert, W.D., Strobl, S., Haubner, R.: Ein himmlisches Schwert, *Practical Metallography* 59. pp (2022). <https://doi.org/10.1515/pm-2022-1016>
- Strobl, S., Haubner, R., Scheiblechner, W.: New Steel Combinations Produced by the Damascus Technique. *Adv. Eng. Forum* **27**, 14–21 (2018). <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AE.27.14>
- Strobl, S., Haubner, R.: Microstructural Characterization of Ferrous Materials Forged by the Damascus Technique. *Mater. Perform. Charact.* **5**, 617–626 (2016). <https://doi.org/10.1520/MPC20160028>
- Strobl, S., Haubner, R.: Characterisation of steel composites produced by the Damascus technique. *MSF* **825–826**, 852–859 (2015). <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.825-826.852>

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.