

ANVILOY® PRODUCTS

WELDSTONE
TUNGSTEN COMPONENTS

ABSCHIRMUNG IONISIERENDER STRAHLUNG



ABSCHIRMUNG IONISIERENDER STRAHLUNG

Die Abschirmung ionisierender Strahlung ist eine der wichtigsten Anwendungen von ANVILOY®-Wolframlegierungen (auch Schwermetalllegierung genannt) aufgrund der folgenden Eigenschaften:

- Gute mechanische Eigenschaften oder Haltbarkeit mit einer Streckgrenze, die mit der von Vergütungsstählen vergleichbar ist.
- Hohe Wärmeleitfähigkeit für eine effiziente Ableitung der Zerfallswärme von hochaktiven Quellen
- Hohe Abschwächung der photonischen Strahlung bei einer bestimmten Masse oder Dicke (spezifische Abschwächung)
- Minimale Anfälligkeit für photonukleare Reaktionen
- Geringe Toxizität, chemische Reaktivität und Korrosionsanfälligkeit
- Einfache Bearbeitung

ANVILOY®-Wolframlegierungen eignen sich besonders zur Abschirmung hochenergetischer photonischer Strahlung, die von Radioisotopenquellen wie ⁶⁰Co, vom Reaktorbetrieb und von Hochspannungs-Röntgengeneratoren ausgeht. Entscheidend für die Abschwächung hochenergetischer photonischer Strahlung sind die Atommasse sowie die Dichte des Abschirmmaterials. ANVILOY®-Wolframlegierungen bieten viele Vorteile gegenüber den weit verbreiteten Bleilegierungen. Dazu gehören eine höhere Festigkeit, eine höhere Wärmeleitfähigkeit, eine bessere thermische Stabilität, eine deutlich geringere Toxizität und eine bessere Abschirmwirkung (bis zu 36 % geringere Dicke für ⁶⁰Co Strahlung).

ANVILOY®-Wolframlegierungen werden nicht zur Abschirmung von Alpha- oder anderer geladener Teilchenstrahlung benötigt, da hierfür wesentlich billigere Materiallösungen mit geringerer Atommasse, wie Kunststoffe oder Al-Legierungen, ausreichen. ANVILOY®-Wolframlegierungen werden auch nicht zur Abschwächung (Abschirmung) von Betastrahlung eingesetzt. Aufgrund der hohen Bremswirkung auf Betastrahlung durch die hohe Ordnungszahl (Z) von Wolfram könnte dies sogar kontraproduktiv sein, da die entstehende hochenergetische Röntgenstrahlung ein viel größeres Abschirmungsproblem darstellen könnte als die ursprüngliche Betastrahlung.

Diese und andere Vorteile der ANVILOY®-Abschirmung gegenüber anderen Materialien sind in der Tabelle aufgeführt. ANVILOY®-Wolframlegierungen bieten eine lineare Dämpfung, die der von reinem Wolfram nahe kommt, die wiederum nur geringfügig niedriger ist als die von abgereichertem Uran (DU). ANVILOY®-Wolframlegierungen bieten deutliche Vorteile gegenüber DU und Pb, da sie nicht den OSHA-, EPA-, NRC- oder anderen Vorschriften für den Verkauf, die Handhabung und/oder die Verwendung unterliegen.

Vergleich von metallischen Gamma-Abschirmungsmaterialien in der Reihenfolge ihrer Dämpfungseffizienz

Element/ Legierung	μ (cm ⁻¹) für 1.25 MeV*	Z	Dichte (g/cm ³)	Schmelz- temperatur oder Solidusbeginn (°C)	Wärmeleit- fähigkeit (W/mK)	Wärmeausdehnungs- koeffizient. (10 ⁻⁷ /K)	Festigkeit (MPa)
Stainless steel (Fe-19Cr-9Ni)	0,428	gemischt	8	1400	16	17	515
Kupfer (Cu)	0,471	29	8,96	1083	390	17	<365
Blei (Pb)	0,667	82	11,35	328	33	29	~21
ANVILOY®	0,953 -1,04	gemischt	17 - 18,5	~1450	~70 – 100	~5,8 – 4,8	870
Wolfram (W)	1,076	74	19,3	3420	160	4,2	980
Uran (U)	1,217	92	19,1	11,32	27	19	400

* Berechnet mit dem NIST XCOM Photonenstreuungsprogramm.

Wenn die Abschirmung erhöhten Temperaturen ausgesetzt ist, z.B. durch Abklingwärme von sehr aktiven Quellen, bei der sich Bleilegierungen verformen oder schmelzen würden, sollten Wolframlegierungen aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit und Solidustemperatur verwendet werden.

Kobalt kann wegen seiner möglichen Aktivierung nicht als Legierungsbestandteil für die Abschirmung von Teilchenstrahlung oder photonischer Strahlung >10 MeV verwendet werden.

Ihre Gamma-Abschirmleistung für die jeweilige Photonenenergie wird durch den linearen Schwächungskoeffizienten (μ) der verschiedenen Materialien beschrieben. Die Strahlungstransmission (T) durch eine plattenförmige Abschirmung ist gegeben durch

$$T = e^{-(\mu \cdot x)}$$

wobei μ in cm^{-1} und die Abschirmungsdicke x in cm angegeben ist. Es kann sein, dass diese einfache Schätzung der Abschirmungseffektivität eines bestimmten Materials für bestimmte Quellen-, Abschirmungs- und Sensorgeometrien die tatsächliche Dicke der Abschirmung, die für ein bestimmtes Schutzniveau erforderlich ist, unterschätzt.

Die Abschirmung einer durchschnittlichen ^{60}Co Strahlenquelle mit einer Gammaenergie von 1,25 MeV unter Verwendung einer typischen Wolframlegierung der Klasse 1 (mit einem $\mu = 0,953 \text{ cm}^{-1}$) zu einem Zehntel (Zehntelwertdicke ZWD oder 10 % Durchlässigkeit) würde wie folgt berechnet werden:

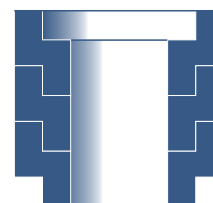
$$\begin{aligned} \ln(0,1) &= -0,953 \cdot x \\ x &= 2,42 \text{ cm} \end{aligned}$$

Die nachstehende Tabelle enthält die ungefähren Zehntelwertdicken verschiedener Anviloy®-Wolframlegierungen für die wichtigsten Photonenenergien. Die Addition der Zehntelwertdicken entspricht einer Multiplikation der Abschwächung. Dementsprechend würde ein Verhältnis von $10^4:1$ für die Abschwächung der einfallenden Strahlung eine Abschirmung von 4 Zehntelwertstärken erfordern.

Berechnete Zehnteldicke (cm) bei verschiedenen Photonenenergien. (Dicke eines gestrahlten Materials, bei der die elektromagnetische Strahlung in ihrer Strahlungsintensität auf ein Zehntel reduziert wird.)												
Energie (MeV)	Anviloy® 170C	Anviloy® 175C	Anviloy® 180C	Anviloy® 185C	Anviloy® 170F	Anviloy® 175F	Anviloy® 180F	Anviloy® 185F	W ref.	Pb ref.	U ref.	Anviloy® 180F / Blei
$\mu \text{ (cm}^{-1}\text{)}$	0,951	0,980	1,010	1,037	0,955	0,984	1,010	1,037	1,076	0,665	1,206	
0.12	0,053	0,051	0,048	0,046	0,053	0,050	0,048	0,046	0,043	0,058	0,028	0,79
0.14 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	0,078	0,074	0,071	0,068	0,079	0,074	0,071	0,068	0,064	0,085	0,040	0,80
0.20	0,186	0,178	0,169	0,163	0,186	0,178	0,169	0,163	0,153	0,204	0,094	0,80
0.36 ^{131}I	0,619	0,591	0,566	0,549	0,618	0,589	0,565	0,549	0,519	0,722	0,340	0,76
0.47 ^{192}Ir	0,933	0,893	0,863	0,838	0,933	0,893	0,861	0,838	0,795	1,140	0,509	0,74
0.51 von β^+	1,050	1,010	0,960	0,933	1,040	0,993	0,960	0,933	0,890	1,300	0,637	0,72
0.66 ^{137}Cs	1,410	1,360	1,310	1,280	1,400	1,350	1,310	1,280	1,220	1,830	1,540	0,70
1.00	2,100	1,990	1,920	1,880	2,040	1,980	1,920	1,880	1,800	2,860	1,540	0,66
1.25 ^{60}Co	2,420	2,350	2,280	2,220	2,410	2,340	2,280	2,220	2,140	3,460	1,910	0,64
2.22 H(n, γ)	3,130	3,050	2,950	2,880	3,120	3,040	2,950	2,880	2,780	4,540	2,580	0,63
6.00	3,270	3,160	3,050	2,960	3,270	3,150	3,050	2,960	2,840	4,630	2,660	0,64
10.0	2,930	2,820	2,720	2,640	2,920	2,820	2,710	2,640	2,520	4,090	2,340	0,65
20.0	2,390	2,280	2,200	2,140	2,380	2,280	2,200	2,140	2,020	3,270	1,880	0,65

ANVILOY®-Wolframlegierungen dehnen sich bei Temperaturerhöhung nur sehr gering aus und bieten daher eine gute Formstabilität. Bei Abschirmkonstruktionen aus mehreren Materialien dehnt sich die innere Wolframkomponente bei gleicher Temperaturänderung weniger aus als eine umgebende Edelstahlkonstruktion. Bei Bleiabschirmungen besteht aufgrund der größeren thermischen Ausdehnung die Gefahr einer dauerhaften Verformung. ANVILOY®-Wolframlegierungen leiten die Wärme 4-6-mal besser ab als austenitischer Edelstahl. Dank dieser verbesserten Eigenschaften wird die Wärme aus dem Inneren schnell über größere Wärmeabgabeflächen verteilt. Dies wirkt sich sehr positiv auf das Wärmemanagement aus.

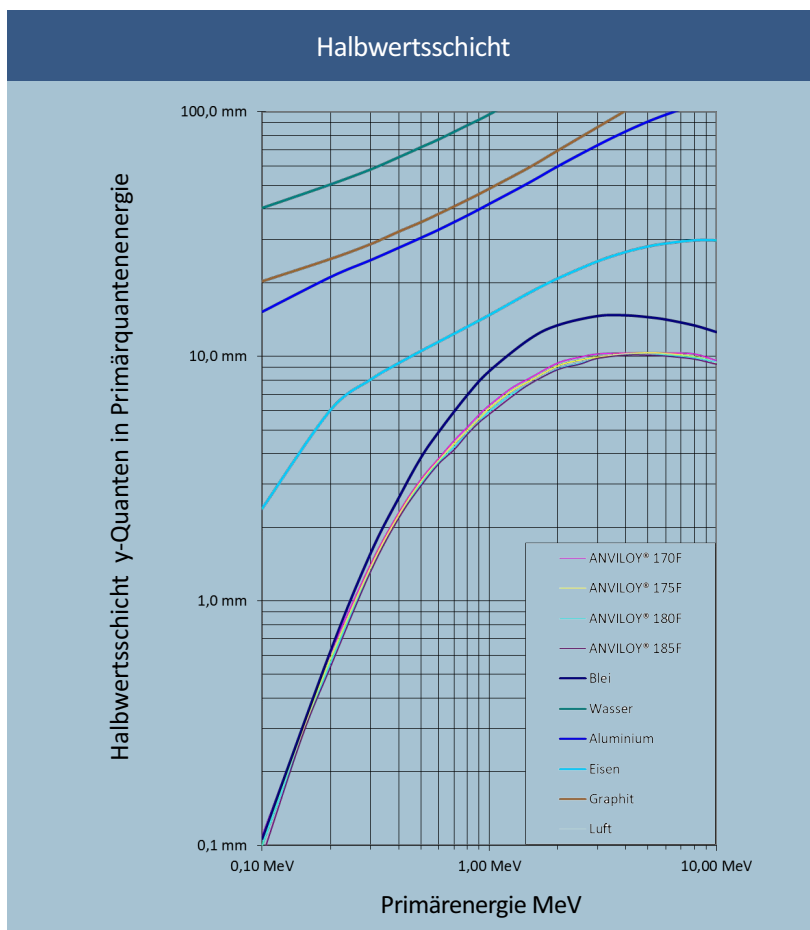
Wenn große Abschirmungen erforderlich sind, können sie aus einzelnen kleineren Bauteilen zusammengesetzt werden. In diesem Fall sollten immer Versatzstücke oder Strahlungsunterbrechungen verwendet werden. Auf diese Weise wird jede geradlinige Strahlung aus dem Inneren verhindert. Zylindrische Abschirmungen können aus gestapelten Ringen mit axialem Versatz zusammengesetzt werden (männliche und weibliche Stufen). Der Versatz der Strahlungsfugen sollte so groß wie möglich sein.



Neutronen werden meist mit Wasser, wasserstoffreichen Polymeren wie PE oder Materialien wie Borbeton abgeschirmt. Bei der Neutronenabschirmung werden in der Regel nicht ausschließlich ANVILOY®-Wolframlegierungen verwendet. Dennoch bietet der hohe Wolframanteil eine bessere Neutronenabsorption als viele andere Metalle (siehe Tabelle Absorptionsquerschnitt). Wolfram hat einen mehr als 100-mal höheren Neutroneneinfangquerschnitt als Blei und einen fast siebenmal höheren als reines Eisen. Obwohl ANVILOY®-Wolframlegierungen aufgrund ihres Gewichts und ihrer Kosten nie für den Einsatz in einem primären Neutronenschutzschild ausgewählt wurden, können sie in gemischten Strahlungsumgebungen dennoch eine wichtige sekundäre Abschirmfunktion erfüllen. Eine typische sekundäre Abschirmaufgabe wäre die Abschwächung von 2,2 MeV Gammastrahlung aus dem H-Einfang von Neutronen in PE oder ähnlichen H-reichen primären Abschirmschichten, zusätzlich zu einem vorhandenen Gammastrahlungsfluss.

Neutronenabsorptionsquerschnitt unterschiedlicher Materialien	
Element	Absorptionsquerschnitt für Neutronen (10^{-28} m^2)
B	760
W	18
Ni	4.5
Fe	2.6
Al	0.23
Pb	0.172

Der Begriff "Strahlungsabschirmung" wird auch im Zusammenhang mit der Abschirmung elektromagnetischer Störungen (EMI) oder Hochfrequenzstörungen (RFI) verwendet. ANVILOY®-Wolframlegierungen sind jedoch aufgrund der Kosten, der Dichte und der geringen magnetischen Permeabilität nicht für die Abschirmung von Hochfrequenzstrahlung geeignet.



Europe, Asia, Australia

Ansprechpartner:
Andreas Endemann, Thomas Hoehn

Weldstone Components GmbH
Am Rübgarten 2
D-57299 Burbach

Tel.: +49 8031-94 13 99-0
+49 8031-94 13 99-02
Fax: +49 8031-94 13 99-09
Email: hello@weldstone.com
Internet: www.weldstone.com

China

Kontakt:
Ted Li, Kitty Cheng

Shandong Weldstone Tungsten
Industry Co., Ltd
3001 Sichou Road, Zhoucun,
Zibo, Shandong, PRC

Tel: +86-533-6824658
Fax: +86-533-6823685
Email: hello@weldstone.cn
Internet: www.weldstone.cn