



High Performance Metal Solutions

# Тугоплавные металлы для термического контроля

H.C. Starck 

High Performance Metal Solutions

# О компании H.C. Starck Solutions

**H.C. Starck Solutions – международная компания, насчитывающая около 650 сотрудников по всему миру. В состав компании входят 6 территориальных подразделений в Европе, Северной Америке и Азии, в том числе ISO-сертифицированные производственные площадки, научно-исследовательские центры, лаборатории, коммерческие представительства и торговые конторы. Мы используем наш инженерно-технический и производственный опыт для разработки индивидуальных решений для наших заказчиков. Компания производит уникальный ассортимент тугоплавких материалов, включая молибден, вольфрам, тантал, ниобий, рений и их сплавы, а также высококачественные керамические материалы.**

О компании H.C. Starck Solutions	2
Материалы – Разработки – Решения	3

## **Материалы:**

Высокотехнологичные материалы для высокотехнологичных областей применения	4 – 5
---	-------

## **Разработки:**

Инновационный потенциал H.C. Starck Solutions	6
---	---

## **Решения:**

Высокотехнологичные решения для продуктов термического контроля	7
Продукты из чистых материалов	7
Продукты из слоистых материалов	8
Продукты из композитов	9
Нанесение покрытия	10
Сравнение свойств продуктов	10 – 11



1

**Материалы ...**

*... предлагаемый H.C. Starck Solutions уникальный выбор материалов с высокими технологическими показателями, непревзойденным качеством и бесперебойностью поставок.*

2

**Разработки ...**

*... означает наши интенсивные исследования и разработки, прикладной опыт, которые позволяют нам выступать в качестве движущей силы, стоящей за новыми продуктами, технологиями, применениями и рынками.*

3

**Решения ...**

*... означают способность оказывать поддержку нашим заказчикам по всей цепочке добавления стоимости, от порошковых материалов до готовых компонентов, представляя инновационные и индивидуальные решения.*

## Материалы – Разработки – Решения: Основа механизма создания добавленной стоимости

**Наши высококачественные материалы и современные технологии в сочетании с инновационным потенциалом H.C. Starck Solutions позволяют разработку решений, лежащих в основе процесса создания добавленной стоимости в области термического контроля.**

# | Материалы |

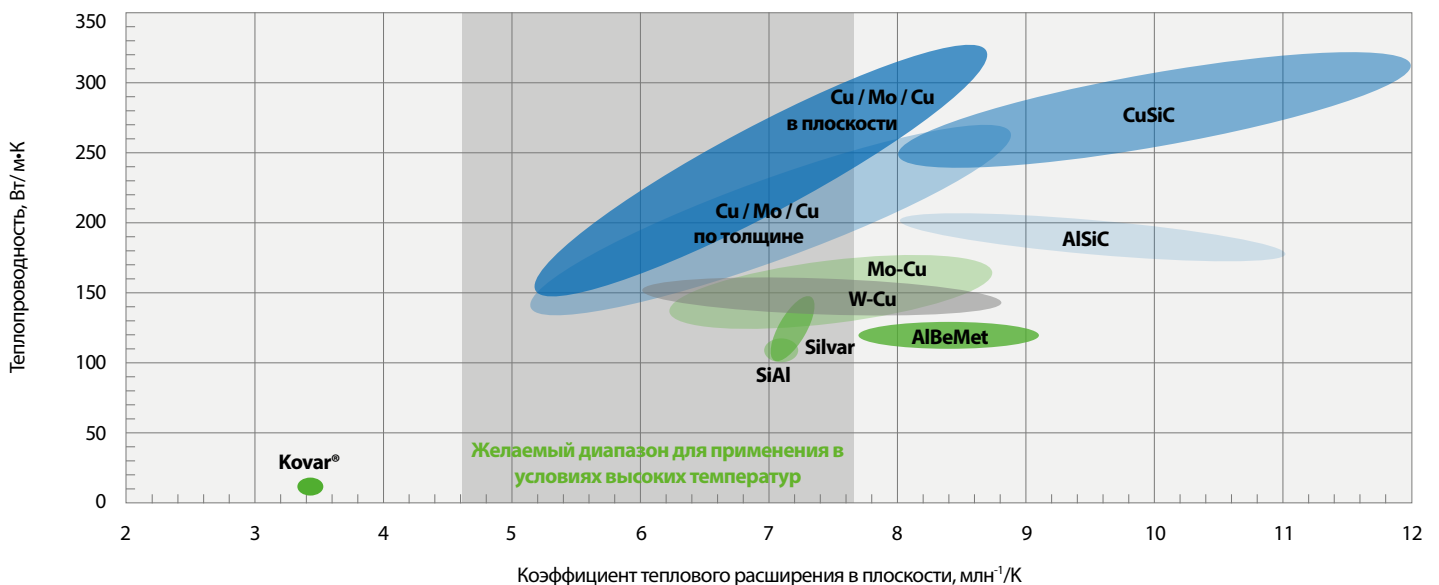
## Высокотехнологичные материалы для высокотехнологичных областей применения

Компания H.C. Starck Solutions имеет многолетний опыт производства материалов с высокими эксплуатационными свойствами, используемых при изготовлении компонентов особо ответственного назначения для электротехнической промышленности.

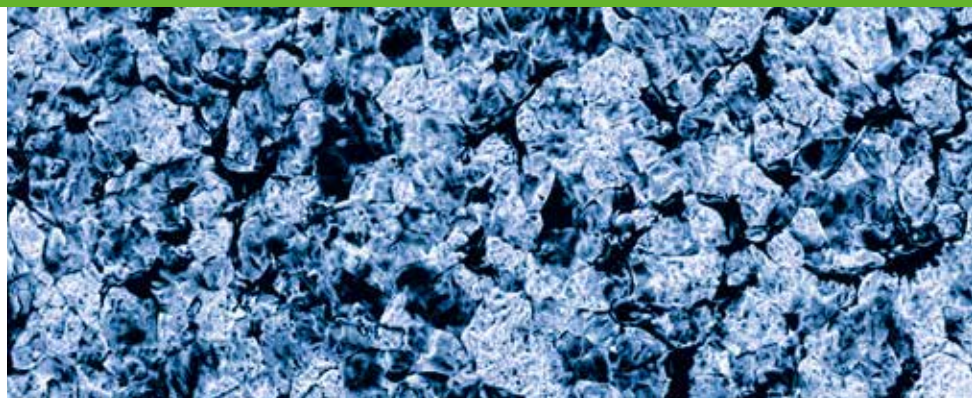
Уникальные термические свойства материалов, разрабатываемых на заказ подразделением Fabricated Products Group компании H.C. Starck Solutions, способствуют поддержанию высоких темпов развития электронной промышленности, неотъемлемой составляющей которого является тенденция к миниатюризации. Данная тенденция предъявляет все более высокие требования к охлаждению электронных схем. Наша продукция из чистых молибдена и вольфрама, а также слоистые металлы и специальные композиты на их основе уникально соответствуют требованиям в этой области применения.

Термические свойства наших материалов включают низкий и регулируемый коэффициент теплового расширения, а также и высокую теплопроводность, способствующие быстрому отводу тепла от устройств с высокой плотностью энерговыделения. Не менее важен опыт нашего инженерно-технического персонала в разработке высокотехнологичных материалов в соответствии со специфическими требованиями каждой конкретной области применения.

Наши слоистые материалы Cu / Mo / Cu обладают модифицируемым коэффициентом теплового расширения, подбираемым в соответствии с различными полупроводниковыми подложками с сохранением высокой теплопроводности, что делает их идеальным материалом для электроприборов со значительной выработкой тепла.







#### Особые свойства:

- > Регулируемые значения коэффициента теплового расширения и теплопроводности
- > Пригодность для применения в устройствах на основе кремния
- > Низкое электрическое и тепловое сопротивление
- > Умеренная теплопроводность ( $\lambda = 140-150$  Вт/м·К)
- > Пригодность для использования в электроприборах большой площади со значительным тепловыделением

К основным параметрам выбора материала теплоотводника относятся его теплопроводность и отличие его К теплового расширения от данного показателя полупроводниковой подложки. Эти два параметра можно количественно выразить через Коэффициент Термической Совместимости (КТС), рассчитываемый для каждой конкретной пары теплоотводник – полупроводниковая подложка:

$$\text{КТС} = \lambda (\text{теплоотводник}) / \Delta \text{К теплового расширения (подложка – теплоотводник)}.$$

Данный коэффициент может использоваться для оценки совместимости материала теплоотводника с конкретной полупроводниковой подложкой. Высокий КТС получается при высоком значении теплопроводности и незначительной разнице в коэффициентах теплового расширения. В следующей ниже таблице приведены значения КТС для типичных термически совместимых пар полупроводниковых подложек и теплоотводников. При этом очевидны преимущества теплоотводников на основе тугоплавких металлов.

#### Коэффициент Термической Совместимости некоторых пар полупроводниковых подложек – теплоотводников

	GaAs	GaP	GaN	InP или AlN	SiC	Si
Cu	36	32	35	32	30	29
Al	13	12	13	12	11	11
Mo	227	353	318	265	114	88
Слоистый материал Cu / Mo / Cu	2080	198	2080	173	104	87
Cu-Mo (85:15)	363	94	242	85	58	50
Kovar®	170	14	57	12	8	7
Cu-W (90:10)	533	110	320	100	67	57
AlSiC	91	60	83	57	47	43
Silvar	219	83	170	77	55	48
AlSi	16	14	16	14	13	12
AlBeMet	26	23	25	22	21	20
CuSiC	102	74	96	72	61	57
Алмазная пленка, осажденная из газовой фазы	337	460	354	483	659	806
Al-графит	128	353	144	460	767	329

# | Разработка |

## Инновационный потенциал H.C. Starck Solutions

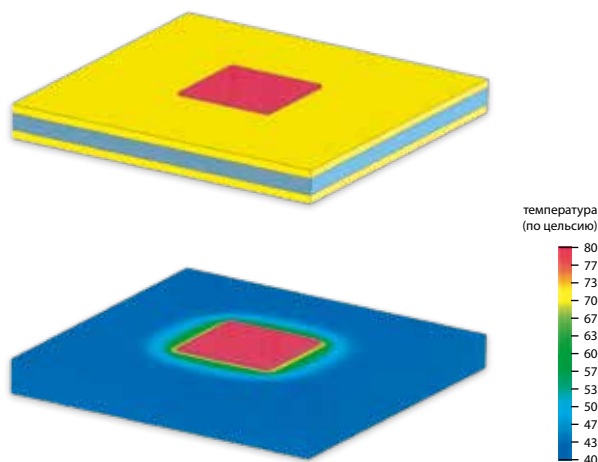
Инновации и исследования – это ключевые компетенции компании H.C. Starck Solutions. Будучи мировым лидером в области производства тугоплавких металлов, компания H.C. Starck Solutions располагает современно оснащенными лабораториями, в которых ведется непрерывное совершенствование нашей продукции и материалов. Наши исследовательские разработки основаны на постоянном диалоге с потребителями. Прислушиваясь к их нуждам и потребностям, мы помогаем им разрабатывать новую и инновационную продукцию в области термического контроля.

H.C. Starck Solutions разрабатывает и производит материалы термического контроля для сверхъярких светодиодов и лазерных диодов, как то: композиты Mo-Cu, слоистые материалы Cu / Mo / Cu и листовой прокат молибдена и вольфрама с покрытием. Надежность и эффективность полупроводниковых устройств может быть повышена за счет максимизации теплопроводности теплоотводников в сочетании с подбором их К термического расширения в соответствии с К термического расширения подложек.

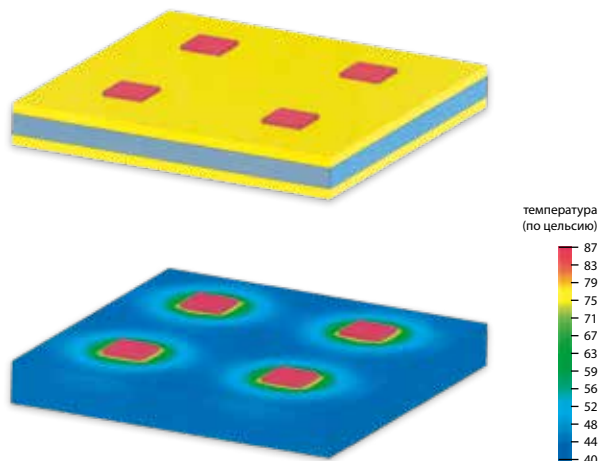
Мы применяем метод конечных элементов в качестве инструмента расчета при разработке специализированных продуктов для конкретных случаев применения, в которых требуется эффективный отвод тепла при экстремальных условиях. Продвинутое моделирование позволяет нам удовлетворять потребности заказчиков путем совершенствования существующих продуктов или своевременной разработки новых.

Находящиеся на стадии разработки новейшие продукты, обеспечивают повышенную теплопроводность по оси z (по толщине) и уникальную возможность рассеивания избыточного тепла вдоль локализованных горячих участков с применением уникального процесса, разработанного H.C. Starck Solutions, заявка на патент в отношении которого находится в настоящий момент на рассмотрении.

### Одно устройство на основе из Cu / Mo / Cu



### Четыре устройства, установленных вплотную на основу из Cu / Mo / Cu

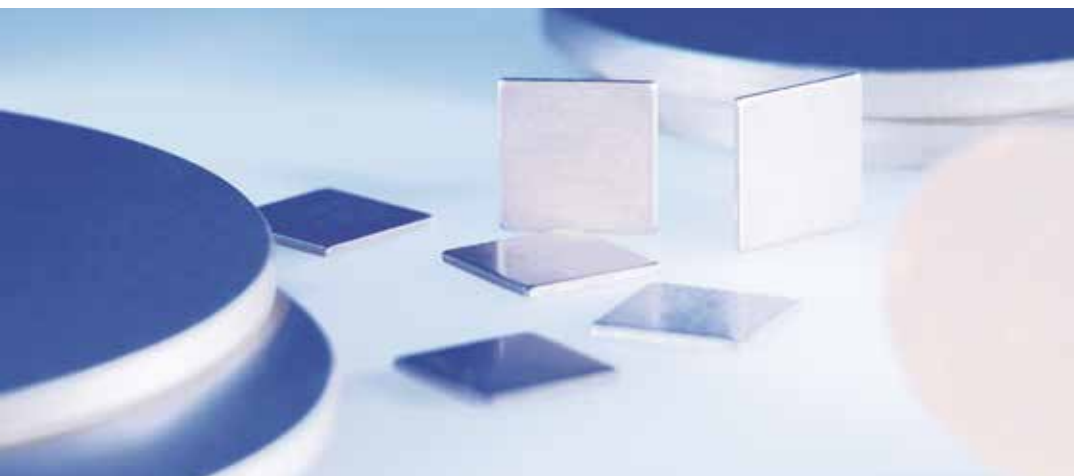


## | Решения |

# Высокотехнологичные решения для продуктов термического контроля

Многие достижения технического прогресса последних лет требуют применения материалов с характеристиками, недостижимыми при использовании однородных структур. В ответ на эти требования компания H.C. Starck Solutions представляет портфель продуктов с уникальными характеристиками, полученными в результате комбинации различных по свойствам материалов несколькими технологическими путями.

Данные материалы обладают уникальными свойствами, необходимыми инженерам-проектировщикам для широкого спектра новых областей применения, таких как корпусирование электронных схем, сверхъяркие светодиоды для автофар и других устройств, полупроводниковые электроприборы и в системы управления двигателями гибридных автомобилей.



## Продукты из чистых металлов

Молибденовые и вольфрамовые диски и квадраты широко используются в качестве контактных материалов в выпрямительных диодах, транзисторах и тиристорах на кремниевой основе. Оба металла имеют сходные с кремнием коэффициенты теплового расширения в сочетании с умеренной теплопроводностью и поэтому подходят для использования в электроприборах большой площади со значительным тепловыделением. Молибден и вольфрам также применяются в теплопоглощающих основах интегральных, больших интегральных и гибридных схем.

### Преимущества:

- > **Коэффициент теплового расширения, соответствующий полупроводниковой подложке**
- > **Хорошая теплопроводность**
- > **Серийное производство**
- > **Проверено в условиях производства с высоким уровнем добавленной стоимости**

## Продукты из слоистых материалов

Компания H.C. Starck Solutions стояла у истоков разработки систем двухстороннего покрытия на молибденовой основе. К основным преимуществам таких покрытий относятся адекватный коэффициент теплового расширения, хорошая теплопроводность, высокая механическая жесткость, коррозионная стойкость и превосходное сцепление при соединении частей.



### Преимущества:

- > Коэффициент теплового расширения, соответствующий полупроводниковой подложке
- > Превосходная теплопроводность
- > Серийное производство
- > Проверены в условиях производства с высоким уровнем добавленной стоимости
- > Одобрены для применения в военной и аэрокосмической промышленности

### Слоистый металл медь/молибден/медь

Медная составляющая биметалла Cu / Mo / Cu значительно повышает его теплопроводность и позволяет инженеру-проектировщику задавать коэффициент теплового расширения, в соответствии с другим критически значимым материалам электронных приборов, как то кремний, нитрид алюминия, арсенид галлия, Kovar®, оксид алюминия и оксид бериллия.

### Слоистые металл никель/молибден/никель

Биметалл Ni / Mo / Ni отличается от биметалла Cu / Mo / Cu в применении при высокотемпературной обработке, такой как пайка, когда требуется высокая адгезия.



## Продукты из композитов

Достижения в области систем управления высокомоощного оборудования привели к возникновению особых требований к материалам корпусов. Композиты на основе молибденового и биметаллического каркасов, производимые компанией H.C. Starck Solutions, минимизируют напряжения при корпусировании, в то же время позволяя электронике работать заданным образом.



### Вольфрамо-медные композиты

Вольфрамо-медный композит обладает такими замечательными свойствами вольфрама и меди, как низкое термическое сопротивление и превосходная тепло- и электропроводность. Он с легкостью поддается механобработке с целью придания требуемой формы и качества поверхности. Инфильтрация медью каркасов вольфрама позволяет получение как крупных компонентов, так и деталей с формой, близкой к заданной, с различным соотношениям вольфрама и меди. Стандартными для вольфрамо-медных композитов являются следующие соотношения:

**70 % вольфрама: 30 % меди | 90 % вольфрама: 10 % меди**

### Молибдено-медные композиты

Псевдосплав молибдена и меди также представляет собой композиционный материал. Он обладает термическими свойствами, аналогичными вольфрамо-медному композиту, однако меньшая плотность делает этот материал более подходящим для сфер применения, где важную роль играют ограничения веса.

Инфильтрация медью каркасов молибдена позволяет изготовление материалов с различными соотношениями молибдена и меди в соответствии с требованиями конкретных условий применения. Стандартное соотношение составляет:

**70 % молибдена: 30 % меди**

**Молибдено-медные материалы поставляются в виде:**

**листов | рулонов | малогабаритных деталей с формой, близкой к заданной**

### Преимущества:

- > **Превосходная теплопроводность**
- > **Коэффициент теплового расширения, соответствующий полупроводниковой подложке**
- > **Возможность модификации термических свойств при помощи изменения соотношений молибдена и меди или вольфрама и меди**
- > **Проверены в условиях производства с высоким уровнем добавленной стоимости**
- > **Одобрены для применения в военной и аэрокосмической промышленности**

## Нанесение покрытия



Дальнейшая обработка компонентов термического контроля осуществляется на этапе электролитического покрытия. Мы располагаем одним из крупнейших электролитических комплексов, специализирующихся на производстве рутениевых, родиевых, серебряных, золотых и никелевых (химических и электролитических) покрытий. Разнообразие применяемых технологий, в том числе напыление конденсацией из паровой фазы (с одной или двух сторон), покрытие в барабане и на подвесках, обеспечивает абсолютную гибкость в размере изделий и объеме заказа – от одной детали до серийного производства. Предлагается целый ряд особых покрытий с применением Ni, Au, Ag, Ru, Rh, Pt для улучшения свариваемости, повышения стойкости к травлению, применения в качестве защитных слоев и для электрических контактов.



### Сравнение термических свойств

Продукт	Соотношение	Коэффициент теплового расширения	Теплопроводность (по оси X-Y)	Теплопроводность (по оси Z)
		млн <sup>-1</sup> /°C	Вт/м·К	Вт/м·К
Чистый вольфрам		4,6	165	165
Чистый молибден		5,0	140	140
Слоистый материал медь-молибден-медь	(13:74:13)*	5,7	200	170
Слоистый материал никель-молибден-никель	(5:90:5)*	6,0	130	115
Молибдено-медный композит	(70:30)*	7,8	185	185
Вольфрамо-медный композит	(70:30)*	9,6	185	185
Вольфрамо-медный композит	(90:10)*	6,5	180	180

\* По запросу возможна поставка продукции с другими соотношениями.

## Сравнительные характеристики и области применения материалов термического контроля

Продукт	Свойства	Применений
Чистый молибден Чистый вольфрам	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Соответствие коэффициента теплового расширения полупроводниковым подложкам и керамике</li> <li>&gt; Стабильный коэффициент теплового расширения (от -55°C до 900°C)</li> <li>&gt; Умеренная теплопроводность (см. таблицу на странице 10)</li> <li>&gt; Совместимость с процессами нанесения гальванического покрытия</li> <li>&gt; Возможна обработка лазером, проволокой или штамповка под заказ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Силовой полупроводниковый прибор</li> <li>&gt; Пластины износа</li> <li>&gt; Теплоотводящие / теплопоглощающие устройства</li> </ul>
Слоистый материал медь-молибден-медь	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Соответствие коэффициента теплового расширения полупроводниковым подложкам и керамике</li> <li>&gt; Стабильный коэффициент теплового расширения (от -55°C до 900°C)</li> <li>&gt; Высокая теплопроводность (см. таблицу на странице 10)</li> <li>&gt; Хорошие адгезионные характеристики поверхности – пайка</li> <li>&gt; Совместимость с процессами нанесения электролитического покрытия</li> <li>&gt; Легкий вес</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Сверхъяркие светодиоды</li> <li>&gt; Колпаки/крышки</li> <li>&gt; Многочиповые модули</li> <li>&gt; Применение в оборонной промышленности – радары / аэрокосмической промышленности</li> <li>&gt; Теплоотводящие / теплопоглощающие устройства</li> <li>&gt; Корпуса интегральных схем</li> </ul>
Слоистый материал никель-молибден-никель	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Соответствие коэффициента теплового расширения полупроводниковым подложкам и керамике</li> <li>&gt; Стабильный коэффициент теплового расширения (от -55°C до 900°C)</li> <li>&gt; Высокая теплопроводность (см. таблицу на странице 10)</li> <li>&gt; Хорошие адгезионные характеристики для применения в процессе пайки</li> <li>&gt; Совместимость с процессами нанесения электролитического покрытия</li> <li>&gt; Легкий вес</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Сверхъяркие светодиоды</li> <li>&gt; Колпаки / крышки</li> <li>&gt; Многочиповые модули</li> <li>&gt; Применение в оборонной промышленности – радары / аэрокосмической промышленности</li> <li>&gt; Теплоотводящие / теплопоглощающие устройства</li> <li>&gt; Корпуса интегральных схем</li> </ul>
Молибдено-медный композит	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Коэффициент теплового расширения 6,8~10,5 млн<sup>-1</sup>/K</li> <li>&gt; Высокая теплопроводность (см. таблицу на странице 10)</li> <li>&gt; Может быть подвергнут штамповке или электроэрозионной резке</li> <li>&gt; Может быть покрыт никелем и золотом или другими металлами</li> <li>&gt; Легкий вес</li> <li>&gt; Хорошая механическая обрабатываемость</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Сверхъяркие светодиоды</li> <li>&gt; Колпаки / крышки</li> <li>&gt; Многочиповые модули</li> <li>&gt; Применение в оборонной промышленности – радары / аэрокосмической промышленности</li> <li>&gt; Теплоотводящие / теплопоглощающие устройства</li> <li>&gt; Корпуса интегральных схем</li> </ul>
Вольфрамо-медный композит	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Коэффициент теплового расширения 6,5~9,6 млн<sup>-1</sup>/K</li> <li>&gt; Высокая теплопроводность (см. таблицу на странице 10)</li> <li>&gt; Может быть подвергнут штамповке или электроэрозионной резке</li> <li>&gt; Может быть покрыт никелем и золотом или другими металлами</li> <li>&gt; Хорошая механическая обрабатываемость</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Сверхъяркие светодиоды</li> <li>&gt; Колпаки / крышки</li> <li>&gt; Многочиповые модули</li> <li>&gt; Применение в оборонной промышленности – радары / аэрокосмической промышленности</li> <li>&gt; Теплоотводящие / теплопоглощающие устройства</li> <li>&gt; Корпуса интегральных схем</li> </ul>

## Конфигурация и размеры готовой продукции

Продукт	Толщина	Ширина листа	Длина листа	Рулон
Чистый молибден слоистые материалы медь-молибден-медь иниель-молибден-никель (одинаковые свойства)	От 0,001 до 0,005 дюйма (от 0,0254 до 0,127 мм)	12 дюймов макс. (304,8 мм)	До 35 футов (10,66 м) в зависимости от толщины	До 35 футов (10,66 м)
	От 0,005 до 0,100 дюйма (от 0,127 до 2,54 мм)	24 дюйма макс. (609,6 мм)	До 35 футов (10,66 м) в зависимости от толщины	
	До 0,250 дюйма (6,35 мм)	24 дюйма (609,6 мм)	8 футов (2,44 м)	
Молибдено-медный композит	от 0,001 до 0,005 дюйма (от 0,0254 до 0,127 мм)	12 дюймов макс. (304,8 мм)	До 55 дюймов (1,4 м)	До 55 дюймов (1,4 м)
	от 0,005 до 0,100 дюйма (от 0,127 до 2,54 мм)			
	До 0.250 дюйма (6,35 мм)			
Вольфрамо-медный композит	С формой, близкой к заданной	С формой, близкой к заданной	С формой, близкой к заданной	С формой, близкой к заданной

## USA

### **H.C. Starck Inc.**

21801 Tungsten Road  
Euclid, OH 44117-1117 USA  
T +1 216 692 3990  
F +1 216 692 0029

### **H.C. Starck Inc.**

45 Industrial Place  
Newton, MA 02461 USA  
T +1 617 630 5800  
F +1 617 630 5879

### **H.C. Starck Inc.**

460 Jay Street  
Coldwater, MI 49036 USA  
T +1 517 279 9511  
F +1 517 269 9512

## United Kingdom

### **H.C. Starck Ltd.**

1 Harris Rd.  
Calne, Wiltshire SN11 9PT UK  
T +44 1249 822 122  
F +44 1249 823 800

## Germany

### **H.C. Starck Hermsdorf GmbH**

Robert-Friese-Straße 4  
Hermsdorf, Germany 07629  
T +49 36601 922 0  
F +49 36601 922 111

## Japan

### **H.C. Starck Fabricated Products GK**

3F Shiodome Building,  
1-2-20 Kaigan,  
Minato-ku, Tokyo  
105-0022 JAPAN  
T +81-3-6721-8177  
F +81-3-6733-8896

## Korea

### **CMT Co., Ltd.**

20, Gangnam-daero 47-gil,  
Seocho-gu, Seoul  
(Seocho-dong, 2F), 06729, Korea  
T +82 2 597 6207

## Taiwan

### **H.C. Starck International Sales GmbH**

Room 1307, 13F, No. 88, Sec. 2,  
Zhongxiao E. Rd., Zhongzheng  
Dist.,  
Taipei City 100, Taiwan ROC  
T +886 2 2393 3337  
F +886 2 2393 2083

## China

### **H.C. Starck Specialty Materials (Taicang) Co., Ltd.**

Taicang Zhongyu Science Park  
No.111 N. Dongting Rd of Taicang  
Taicang City Jiangsu Province 215400  
T +86 512 5318 8278  
F +86 512 5318 8282

## India

### **H.C. Starck (India) Pvt. Ltd.**

Level 2 Raheja Centre Point  
294 CST Road Near  
Mumbai University Off Bandra-Kurla  
Complex, Santacruz (E)  
Mumbai, Maharashtra 400 098 India  
T +91 72 5917 7599  
F +91 22 6162 3086

### **H.C. Starck (India) Pvt. Ltd.,**

#148, Prestige Featherlite Tech Park,  
2nd Phase, EPIP Zone, Whitefield,  
Bangalore – 560 066  
T +91 7259177599

DPAP 03/2020

The conditions of your use and application of our products, technical assistance and information (whether verbal, written or by way of production evaluations), including any suggested formulations and recommendations, are beyond our control. Therefore, it is imperative that you test our products, technical assistance and information to determine to your own satisfaction whether they are suitable for your intended uses and applications. This application-specific analysis at least must include testing to determine suitability from a technical as well as health, safety, and environmental standpoint. Such testing has not necessarily been done by H.C. Starck Solutions. All information is given without warranty or guarantee. It is expressly understood and agreed that the customer assumes and hereby expressly releases H.C. Starck Solutions from all liability, in tort, contract or otherwise, incurred in connection with the use of our products, technical assistance and information. Any statement or recommendation not contained herein is unauthorized and shall not bind H.C. Starck Solutions. Nothing herein shall be construed as a recommendation to use any product in conflict with patents covering any material or its use. No license is implied or in fact granted under the claims of any patent. Properties of the products referred to herein shall as general rule not be classed as information on the properties of the item for sale. In case of order please refer to issue number of the respective product data sheet. All deliveries are based on the latest issue of the product data sheet and the latest version of our General Conditions of Sale and Delivery.

The values in this publication are typical values and do not constitute a specification.

info@hcstarcksolutions.com  
www.hcstarcksolutions.com

**H.C. Starck** 

**High Performance Metal Solutions**