

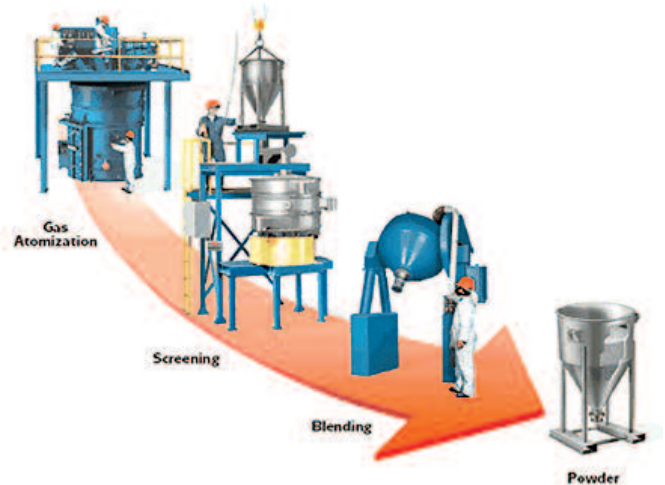
# Pulvermetallurgie

Beschreibung des Micro-Melt® Verfahren

## Häufig gestellte Fragen über die Pulvermetallurgie

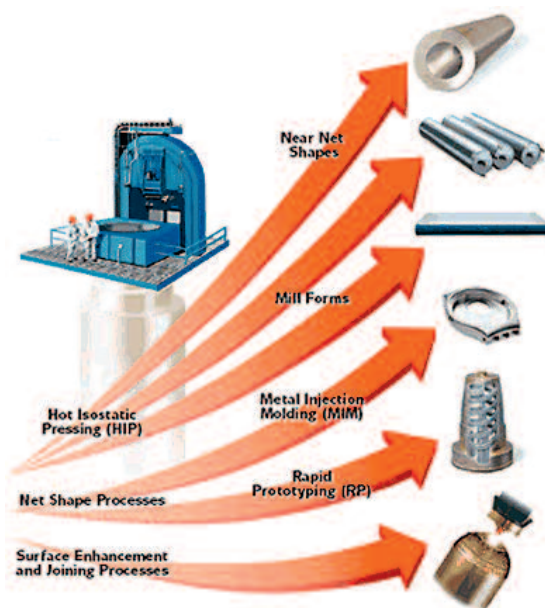
**1 F:** Was ist Pulvermetallurgie?**A:** Die Pulvermetallurgie befasst sich mit der Herstellung von metallische Erzeugnisse mit verdüsten Metallpulvern.**2 F:** Wie werden die pulvermetallurgische Stähle und Legierungen, die L. Klein SA verkauft, hergestellt?**A:** Alle pulvermetallurgische Stähle und Legierungen die L. Klein SA vertreibt, werden von Carpenter Technology Corp., Wyomissing, PA, USA, nach dem Micro-Melt® Verfahren hergestellt.**3 F:** Was ist das Micro-Melt® Verfahren?**A:** Das Micro-Melt® Verfahren besteht aus 3 massgebenden Produktionsschritten:

- I. Das VIM (Vacuum Induction Melting) Vakuumschmelzen des Stahls oder der Legierung;
- II. Die Gas-Verdüsung der Metallschmelze (Gas Atomization);
- III. Die primäre HIP Pulver-Verdichtung (Hot Isostatic Pressing) durch Warmpressen.

**4 F:** Was sind die Vorteile einer Vakuumschmelzung?**A:** Das Vakuumschmelzen führt zur totalen Entgasung der Schmelze und somit zu einer reineren einschlussarmen Stahl-Metalllegierung mit sehr enger und reproduzierbarer Zusammensetzung.**5 F:** Was ist eine Gasverdüsung? (Gas Atomization)**A:** Die Gasverdüsung ist das Zerspringen einer flüssigen Metallsäule mit einem Hochdruck Stickstoff Gasstrahl. Dadurch werden flüssige Metalltröpfchen gebildet, die sofort als einzelne Metallkugeln kristallisieren und keine Ansammlung miteinander bilden.**6 F:** Ist die Homogenität der Zusammensetzung der verdüsten Pulver garantiert?**A:** Ja, da alle erstarrten Pulverkörnchen selbstähnlicher Mikro-Ingots der Metallcharge bilden. Alle weisen ganz genau die gleiche Zusammensetzung auf.**7 F:** Wie ist die Granulometrie (oder Grössenverteilung) der verdüsten Metallpulver? (Screening)**A:** Die kristallisierten Metallpartikeln kühlen in dem Kühlungsturm der Verdüsungsanlage und werden unten in Metalltrichtern gesammelt. Die Sammeltrichter werden unter Stickstoff Schutzgas gehalten bis die verdüsten Pulver auf 125 µm (120 mesh) gesiebt werden.**8 F:** Wie ist die Grössenverteilung (oder Granulometrie) der gesiebten Micro-Melt® Pulver?**A:** Die Grössenverteilung der gesiebten Micro-Melt® Pulver deckt den Bereich 0 bis 125 µm. Der mittlere Pulverkorn hat eine Partikelgrösse von 47 µm. d.h., 50% des Pulvolumens oder Gewichtes ist kleiner oder grösser als 47 µm.**9 F:** Wie wird der Reproduzierbarkeit der Zusammensetzung der Endprodukte gesichert? (Blending)**A:** Die gesiebten Pulver von mehreren VIM Chargen werden miteinander durchgemischt. Dadurch wird eine sehr genaue Endzusammensetzung erzielt die innerhalb sehr engen Toleranzen liegt. Deren Reproduzierbarkeit 2 bis 3 Mal genauer als mit anderen Verfahren möglich ist.**10 F:** Wie wird die Homogenität der Grössenverteilung des Metallpulvers garantiert? (Blending)**A:** Das Durchmischen der Metallpulver garantiert die gleichmässige und homogene Verteilung aller Partikelgrössen (Korngrössen).**11 F:** Wie werden die Metallpulver geschützt?**A:** Die Pulver werden unter Schutzgas gehalten.

# Pulvermetallurgie

Beschreibung des Micro-Melt® Verfahren

**12 F:** Was ist eine HIP-Kapsel? (Hot Isostatic Pressing)**A:** Eine HIP-Kapsel ist ein geschweisster Stahlbehälter mit einer Zusammensetzung, die mit denjenigen des Metallpulvers kompatibel ist.**13 F:** Wie wird die Füllung der HIP-Kapseln vorgenommen? (Powder)**A:** Die Füllung der HIP-Kapseln mit den durchgemischten Pulver wird auf Schütteltischen durchgeführt. Dadurch wird eine Klopfdichte von 70–72% erreicht, die sehr nah an die theoretische Höchstdichte von 74% liegt. Um jegliche Verschmutzung oder Kondensation während die Füllung zu vermeiden, werden die Pulver leicht erwärmt und die Behälter ständig unter Vakuum gehalten. Am Ende werden die Behälter weiterhin unter Vakuum, hermetisch dicht geschweisst.**14 F:** Was ist das HIP-Warmpressen? (Hot Isostatic Pressing)**A:** Die HIP-Kapseln werden in einem Ofen-Autoklav mit einem inert Gas unter Druck komprimiert. Dieser Pressdruck ist jedenfalls höher als die Fließgrenze des Metals, das zu pressen gilt. Danach werden die Kapseln erhitzt und lang genug bei der Presstemperatur gehalten um sämtliche Restporen durch das Pressen und die Diffusion zu schliessen und zusammen zu schweissen. Die garantierte Enddichte ist jeweils 100%.

Diese Operation ist die letzte des Micro-Melt® Verfahren.

**15 F:** Wie unterscheidet sich das HIP-Verfahren von den anderen Verdichtungsverfahren der Pulvermetallurgie? (Near Net Shape)**A:** Das HIP-Verfahren ist das einzige Verdichtungsverfahren der Pulvermetallurgie das eine effektive 100% Enddichte erbringt und garantiert. Alle anderen Verfahren führen zu eine Restporosität von 0.2 bis 2%, wie mit dem MIM (Metal Injection Molding) und bis 5% oder mehr wie mit dem klassischen Sinterverfahren, das RP (Rapid Prototyping), andere Verfahren der PT (Printing technology) und nicht schmelzunterstützte «Additive Manufacturing» Verfahren.**16 F:** Ist es möglich die Restporosität der konventionell gesinterten Produkte mit zusätzlichen warm und kalt Verformungsoperationen zu reduzieren?**A:** Im Prinzip, ja. Zusätzliche plastische Verformungen wie z. B. das Schmieden erlauben es. Jedoch, kann damit nur selten eine effektive 100% Verdichtung erreicht und garantiert werden.**17 F:** Wie werden die HIP-Blöcke weiter verarbeitet? (Mill Forms)**A:** Durch das primäre Warmwalzen auf Billetabmessungen für die Produktion von Walzdrähten und anschließend, das Warmwalzen der Walzdrähte. Die gesamte Warmverformung eines 5.5 mm Walzdrahtes entspricht eine Querschnittabnahme von ca. 1'900.**18 F:** Wie wird die Verformung der Decolletage Drähte und Stäbe gemacht? (Mill Forms)**A:** Die Verformung erfolgt jeweils durch Kaltziehen und Zwischenglühungen falls erforderlich. Für 2.5 mm Drähte beträgt die Kaltverformung ca. 1:4 inklusiv eine allfällige Oberflächenbearbeitung.**19 F:** Wie hoch sind die kumulierten Warm- und Kaltverformungen der Decolletage-Drähte und Stäbe? (Mill Forms)**A:** Die kumulierte Querschnittabnahmen der Warm- und Kaltverformungen betragen ungefähr 7'000 für Drähte oder Stäbe 2.5 mm und ca 60'000 für 1 mm Drähte.**20 F:** Wird das Micro-Melt®-Verfahren für andere Produkte als Drähte und Stäbe eingesetzt? (Mill Forms)**A:** Ja, für die Produktion von Bandprodukten, wie z.B. Band aus CHRONIFER® M-15X rostfreien Stahl.

Micro-Melt reg. U.S. Pat. &amp; Tm. Office to CRS Holdings, Inc., a subsidiary of Carpenter Technology Corporation www.cartech.com. Images courtesy of Carpenter Powder Products, Bridgeville