

S I L I P L A S T H E

**f ur die Spritzgussfertigung
von Edelstahlpulvern**

Einleitung

Das Spritzgießen von Edelstahlpulvern erlaubt eine fast **vollständig automatische Produktion komplizierter Geometrien in hohen Stückzahlen** ohne wesentlichen Nachbearbeitungsbedarf.

Durch Zugabe eines Spritzgussbinders werden Edelstahlpulver in einen unter Temperatur- und Druckeinwirkung fließfähigen Zustand gebracht, der für die Formgebung mit konventionellen Kunststoff-Spritzgussmaschinen notwendig ist.

Die Herstellung des Feedstocks (Pulver-Binder-Gemisch) erfolgt durch intensive Homogenisierung des Pulvers mit dem Binder. Mit den hierfür zur Verfügung stehenden Aufbereitungsaggregaten, wie z.B. Scherwalzen- oder Doppelschneckenextruder, werden homogene Mischungen hergestellt. Zur Gewährleistung optimaler Fließeigenschaften bei der Formgebung und einer gleichmäßigen Schwindung der Formkörper beim späterem Sinterprozess wird hierbei eine möglichst vollständige Ummantelung der einzelnen Pulverpartikel mit dem Binder angestrebt. Im Anschluss an den Mischvorgang wird eine Granulierung des Feedstocks vorgenommen, wodurch gute Einzugs- und damit konstante Dosierzeiten beim Spritzgießen sichergestellt werden.

Nach der Formgebung entsteht im Grünling durch Erkalten bzw. Erstarren des Spritzgussbinders eine Bindung, die eine ausreichende Festigkeit für die anschließenden Verfahrensschritte (wie z.B. Transport zum Entbinderungs- und/oder Sinteraggregat) gewährleistet.

Die Entbinderung der spritzgegossenen Bauteile erfolgt durch Extraktion mit Wasser. Hierbei werden bis zu 65 % des eingesetzten Binders entfernt. Der verbleibende Restbinderanteil gewährleistet eine ausreichende, für den Transport zum Sinteraggregat notwendige Festigkeit. Der Restbinderanteil wird bei der nachfolgenden Sinterung der Bauteile durch Pyrolyse entfernt. Durch die zuvor bei der Entbinderung freigewordenen Kan le kann der Restbinder problemlos entweichen, ohne das Gefüge des Bauteils zu schädigen.

Einsatzbereiche

Die unterschiedlichen Qualitäten der metallischen Pulver erfordern für den jeweiligen Anwendungsfall sorgfältig aufeinander abgestimmte Eigenschaften des Spritzgussbinders.

Mit **SILIPLAST HE** steht ein speziell auf die Anforderungen von Edelstahlpulver abgestimmter Spritzgussbinder zur Verfügung.

Die erforderliche Zugabemenge des Spritzgussbinders richtet sich nach der Legierungszusammensetzung sowie der Korngrößenverteilung des Pulvers und liegt z.B. für Edelstahl AMPERSINT® ALSI 316 L bei ca. 7 Masse-Prozent.

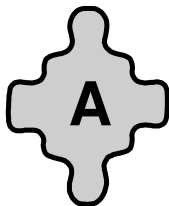
Produktaufbau

Für eine optimale Verarbeitbarkeit und zur Erzielung qualitativ guter Produkte muss der Spritzgussbinder unterschiedlichsten Anforderungen gerecht werden.

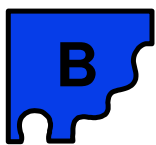
Optimale Plastifizierungs- und Benetzungseigenschaften des Binders, gute Fließ- und Formf lleigenschaften des Feedstocks sowie eine gute Entformbarkeit der Spritzlinge aus dem Werkzeug bei ausreichender Grünfestigkeit charakterisieren neben einer schnellen und vor allem gef geschonenden Entfernung des Binders vor der Sinterung das komplexe Anforderungsprofil.

Basierend auf der guten thermischen Beständigkeit des Binders im Verarbeitungsbereich resultiert ein breites Verarbeitungsfenster in Bezug auf Temperatur- und Druckänderungen bei der Produktion. Die Unbedenklichkeit im Hinblick auf die Toxikologie der bei der Entbinderung freierwerdenden Stoffe stellt eine weitere wesentliche Anforderung dar.

Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, sind die **SILIPLAST** - Binder variabel aus verschiedenen Funktionskomponenten aufgebaut. Diese sind in ihrem chemischen Aufbau sowie in ihren physikalischen Eigenschaften so aufeinander abgestimmt, dass sie während der einzelnen Prozessschritte, wie Aufbereitung, Formgebung, Entbinderung und Sinterung, ihre Wirksamkeit gezielt entfalten.



Die **Komponente A** als Hauptbestandteil (Basis) des Spritzgussbinders übernimmt die Aufgabe der **Plastifizierung** des Pulvers. Wesentliches Merkmal dieser Komponente ist ihre **Wasserlöslichkeit**, wodurch die Entbinderung der mit **SILIPLAST HE** gespritzten Produkte ausschließlich im Wasserbad ermöglicht wird.

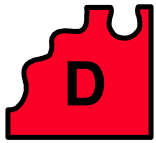


Die **Komponente B** setzt sich aus mehreren **wasserunlöslichen** Teilkomponenten B1, B2, B3 usw. zusammen. Diese haben neben ihrer Funktion als **Plastifizierungsmittel** weiterhin die Aufgabe, eine angemessene **Formstabilität** der gespritzten Bauteile **nach der Extraktion** der wasserlöslichen Komponente A zu gewährleisten.

Die einzelnen Teilkomponenten der Gruppe B unterscheiden sich im Wesentlichen in ihren physikalischen Eigenschaften, wie z. B. Schmelzpunkt, Viskosität und Hrte. Die Zusammenstellung dieser Teilkomponenten erfolgt in Abhängigkeit der durch den jeweiligen Anwendungsfall vorgegebenen technologischen Parameter.

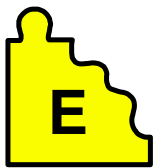


Die **Komponente C**  bernimmt die Funktion des **Gleithilfsmittels**. Durch ihren Einsatz wird die bei der Aufbereitung und der Formgebung auftretende Reibung zwischen Feedstock und metallischer Kontaktfläche minimiert.



Die **Komponente D** dient im System **SILIPLAST HE** als **Netzmittel**. Diese wirken unmittelbar an den Kontaktstellen zwischen Pulverpartikeloberfl che und Binder und übernehmen dadurch eine weitere wichtige Funktion.

Nur mit gezielt für den jeweiligen Anwendungsfall ausgewählten Netzmitteln kann eine ausreichende Homogenität des Feedstocks bei der Aufbereitung erzielt werden. Weiterhin wird durch die Auswahl der Netzmittel die zur Formgebung notwendige Binderzugabemenge auf ein Minimum reduziert.



Einen weiteren wichtigen Funktionsträger stellt die **Komponente E** dar, die bei der Entformung der gespritzten Bauteile aus dem Werkzeug als **Trennmittel** wirkt. Dadurch werden Gefugesch digungen der Bauteile durch Klebenbleiben am Werkzeug zuverlässig verhindert.

Bei den im System **SILIPLAST HE** eingesetzten Komponenten handelt es sich um synthetische und native Rohstoffe. Gemeinsame Merkmale aller eingesetzten Rohstoffe sind ihre umweltfreundliche Einstufung und die sehr gute Verfügbarkeit.

Die problemlose Handhabung des Eluats nach der Entbinderung sowie die toxikologische Unbedenklichkeit der bei der Pyrolyse der Restbestandteile im Sinterprozess freiwerdenden Zersetzungsprodukte ermöglichen einen kontinuierlichen Produktionsablauf mit **SILIPLAST HE**.

Nachfolgend eine Auswahl spezifischer Produktkenndaten für **SILIPLAST HE**:

Aussehen	elfenbeinfarben
Wasserlöslichkeit [20 �C]	ca. 65 %
Dichte [25 �C]	ca. 1,2 g/cm ³
Schmelzpunkt	ca. 112 �C
Viskosität [140 �C]	ca. 2325 mPa�s [Brookfield Sp2, Umdr. 12]
Viskosität [160 �C]	ca. 2225 mPa�s
Glührückstand	max. 0,1 %

Untersuchungen zum thermogravimetrischen Verhalten des Spritzgussbinderrests nach der Entbinderung ergeben, dass bis $T \leq 380$  C sehr moderat die ersten 20 bis 30 % und bei $390 \leq T \leq 470$  C die weiteren 70 bis 80 % des verbliebenen Binderrests entweichen (s. **Abb. 1**).

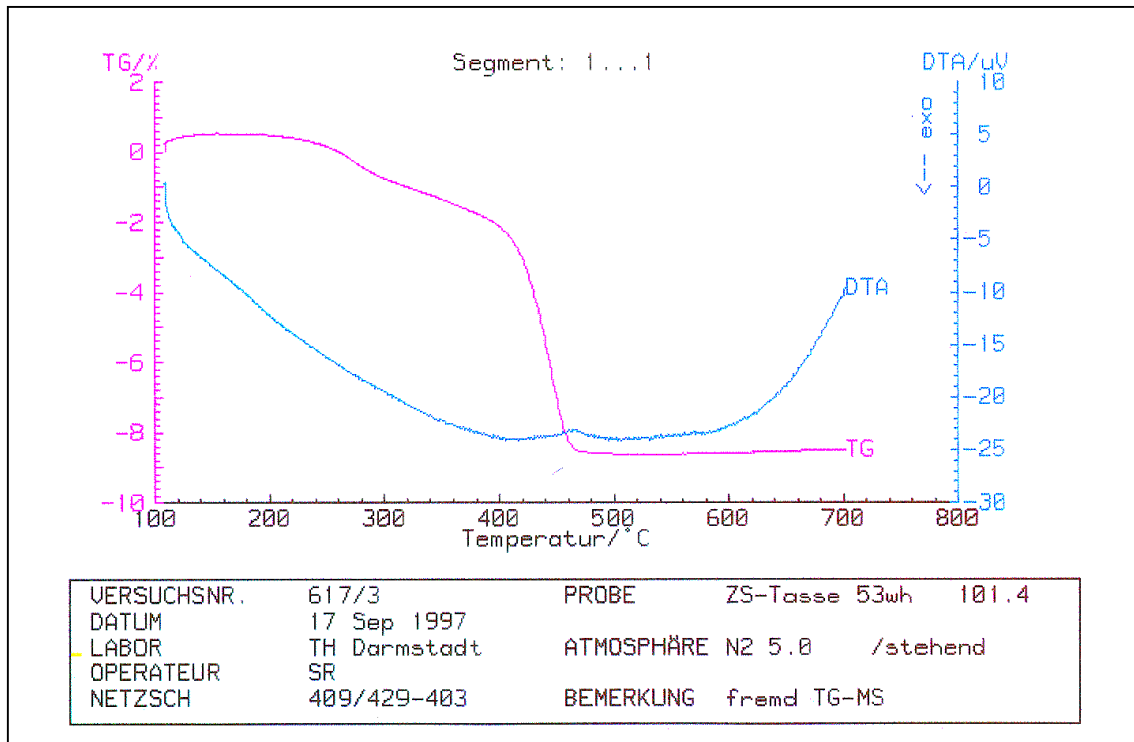


Abb. 1: Thermogravimetrische Messung der Restbinderanteile

Die parallel hierzu durchgef uhrten massenspektrometrischen Untersuchungen belegen die toxikologische Unbedenklichkeit der entweichenden Zersetzungsprodukte (s. **Abb. 2**).

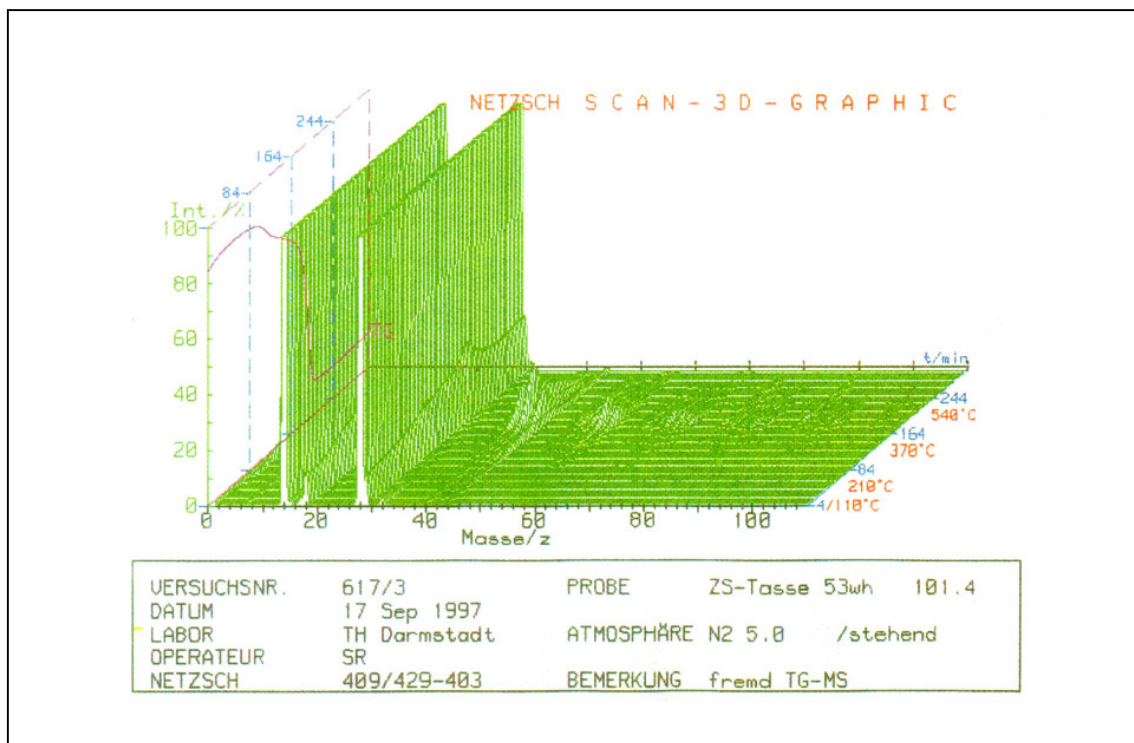


Abb. 2: Massenspektrometrische Messung der Restbinderanteile

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, dass bei der Pyrolyse des Restbinders überwiegend **paraffinische** und **naphthenische Zersetzungsprodukte**, wie z.B. **Alkane**, entstehen. Es werden **keine** Stickstoffverbindungen (z.B. Cyanide) oder Benzolderivate (z.B. Toluol) freigesetzt.

Fertigungstechnologie

Einen wesentlichen technologischen Teilschritt innerhalb der Spritzgussfertigung stellt die Aufbereitung der Pulver mit dem Binder (Feedstock-Herstellung) dar. Durch intensives Mischen der beiden Komponenten mit dafür geeigneten Aggregaten, wie z.B. Scherwalzen- oder Doppelschneckenextruder, sollte eine möglichst vollständige Ummantelung der einzelnen Pulverpartikel mit dem Binder und so eine optimale Homogenität des Feedstocks erzielt werden. Ein nicht ausreichend homogener Feedstock beispielsweise äußert sich zunächst durch schlechte Fließ- und Formf lleigenschaften beim Spritzgießen. Weiterhin wird durch eine ungleichmäßige Binderverteilung im Bauteil eine unsymmetrische Schwindung hervorgerufen, die zum Verzug bis hin zur Zerstörung des Bauteils führen kann.

Nur unter der Voraussetzung einer optimalen Homogenisierung können die für den jeweiligen Anwendungsfall geforderten technologischen Eigenschaften des Endprodukts und deren Reproduzierbarkeit realisiert werden. Fehler, die bereits bei der Feedstock-Aufbereitung verursacht werden, setzen sich in den nachfolgenden Prozessschritten bis zum Endprodukt hin fort.

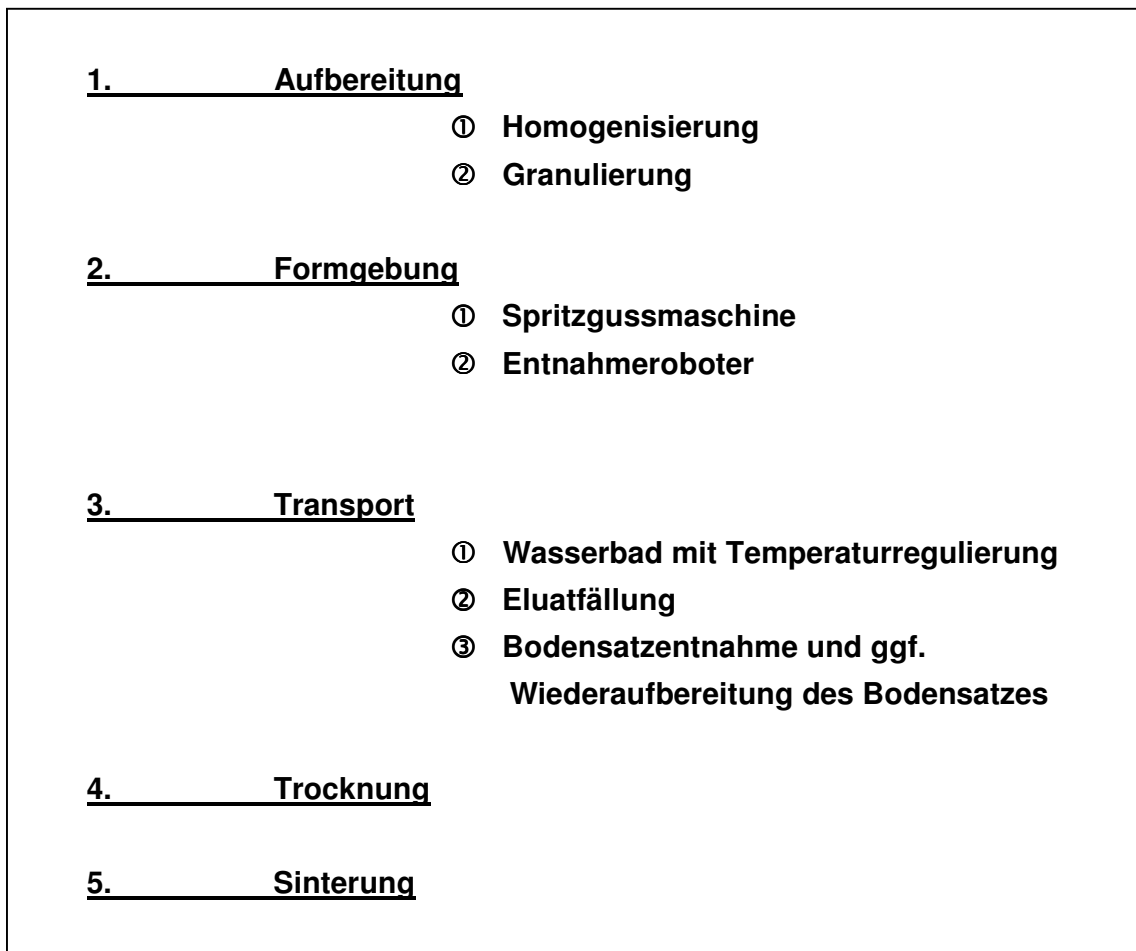


Abb. 3: Produktionsablauf

Entbinderung

Dem Einsatz der **SILIPLAST**-Spritzgussbinder liegt als markantes Merkmal die Tatsache zugrunde, dass eine **singuläre Entbinderung** ausschließlich mittels Wasserextraktion ausreicht, um einen so hohen Anteil an Spritzgussbinder herauszulösen, dass sich nach einer kurzen Trocknungsperiode der Sinterprozess direkt anschließen kann. Diese sehr schonende, umweltfreundliche und energiekostenminimierende Variante des Spritzgussprozesses ist das Ergebnis einer umfangreichen Entwicklungstätigkeit mit zahlreichen Pulvertypen.

Weiterfuhrend gilt die Bedingung, dass der aus dem Bauteil extrahierte Spritzgussbinderanteil aus dem Brauchwasser wieder entfernt wird, damit das Konzept einer Kreislaufnutzung realisiert werden kann. Dem Wasserbad wird ein Agenz zugesetzt, welches den eluierten Binderanteil komplett bindet und uber eine Fllung in einen ökologisch völlig unbedenklichen Bodensatz uberfuhrt.

Nach Entnahme aus dem Wasserbad ist eine Trocknung des Bauteils notwendig. Die Dauer und die Temperatur sind von der Bauteilgeometrie abhängig.

Fur den anschließenden Sinterprozess wird eine kurze Haltephase bei $300 \leq T \leq 400$  C empfohlen, um die restliche im Gefuge befindliche Menge des Spritzgussbinders auszutreiben. Hiernach kann das Produkt den ublichen Sinterbedingungen zugefuhrt werden.

Perspektiven

Die Einfuhung der Spritzgusstechnologie fur die Herstellung nicht rotationssymmetrischer metallischer Produkte mit z.T. sehr anspruchsvollen Geometrien schafft die Perspektive, eine auf hohem Standard funktionierende, voll automatisierte Fertigung zu realisieren und bisher ungeahnte Möglichkeiten im Hinblick auf das Design und die Reproduzierbarkeit der Produktqualität umzusetzen. Hierfur mussen allerdings die notwendigen Prozessteilschritte nahtlos ineinandergreifen und aufeinander abgestimmt sein.

Der modulare Aufbau aller SILIPLAST-Typen ermöglicht durch variable Handhabung der Einzelkomponenten eine optimale Anpassung des Verarbeitungsfensters an die vorliegenden Produktionsbedingungen.