

Thema: Verfüllte Maschinenbauteile

Materialauswahl und Konstruktionshinweise

Einleitung

Neben Guss, Stahl und massiven Werkstoffen wie Mineralguss werden bei Werkzeugmaschinen und Prüfrahen häufig Stahlschweißkonstruktionen verwendet, welche mit einer Verfüllmasse ausgegossen werden. Je nach Konstruktion und Vergussmasse verspricht man sich von diesen Hybrid- oder Sandwichkonstruktionen:

- Eine Erhöhung des Eigengewichtes, um die Standsicherheit zu erhöhen oder die Eigenfrequenz nach unten abzustimmen.
- Eine Verbesserung der Dämpfungseigenschaften, so dass bei Anregungen im Bereich der Eigenfrequenz sich die Struktur nicht aufschaukelt.
- Eine Erhöhung der Wärmeträgheit, so dass bei Maschinen im 24/7 Betrieb thermische Störungen wie z.B. infolge Sonnengangs sich nicht auf die Genauigkeit der Maschine auswirken.
- Idealerweise eine Erhöhung der Steifigkeit mit daraus folgenden geringeren Verformungen und höheren Eigenfrequenzen. In diesem Falle muss die Verfüllung eigensteif sein und es muss ein sicherer Verbund zwischen Stahlhülle und Vergussmasse gewährleistet sein.

Werkstoff Sand

Die einfachste und preiswerteste Variante ist es, wenn Sand oder Rundkies in die Stahlschweißkonstruktion gefüllt wird. Die Schüttdichte hängt von der Korngröße, Kornverteilung sowie vom Feuchtegehalt des Materials ab und kann zwischen 1.300 und 2.100 kg/m³ liegen. Für trockenen, rieselfähigen Quarzsand kann überschlägig eine Schüttdichte von 1.500 kg/m³ angesetzt werden. Eine weitere Erhöhung der Rohdichte auf ca. 2.300 bis 2.500 kg/m³ ist möglich, wenn die Zwickel zwischen den mineralischen Körnern mit einem weiteren Material ausgefüllt werden. Dieser Füllstoff



Abbildung 2: Verfüllen mit Mischer und Pumpe



Abbildung 1: Verfüllen eines Maschinenbettes

wirkt auch als Kleber, so dass nach dem Aushärten ein massiver, eigensteifer Block vorliegt.

Werkstoff epoxidharzgebundener Mineralguss

Bei Polymerbeton im Maschinenbau wird als Kleber Epoxidharz verwendet. Es klebt nicht nur die mineralischen Körner untereinander, sondern verklebt auch die Vergussmasse mit der Stahlwandung. Hierfür muss die Stahlinnenwandung rau, sauber, fettfrei und trocken sein. Normalerweise wird gestrahlt. Derartige Vergussmassen können fertig bezogen werden und können in Eigenleistung eimerweise angemischt und verfüllt werden. Nun ist Epoxidharz einer der besten Kleber der Welt, pappt aber auch wie die Seuche. Wer sich einmal damit eine Bohrmaschine mit Rührquirl ruiniert hat, weiß die Angebote diverser Hersteller zu schätzen. Man bringt sein vorbereitetes Maschinenbett in das Werk, das Material wird in einer professionellen Mischanlage verarbeitet und in das bereitgestellte Gestell eingefüllt.

Werkstoff hochfester Beton

Beton ist ein zementgebundener Mineralguss, bei dem als Kleber Zementleim verwendet wird. Infolge der Fortschritte der Betontechnologie können heute fünfmal so hohe Festigkeit und Dichtigkeit wie beim Standardbeton vom Bau erzielt werden und das Material hat sich im Maschinenbau als marktführende Vergussmasse etabliert. Bei Zementbeton ist der Binder der Zement und das Wasser ist der Härter. Es sind deshalb keine besonderen Vorkehrungen zum Arbeitsschutz erforderlich. Die Reinigung der Geräte erfolgt mit Wasser.

Dabei haben sich zwei Produktionsweisen herausgebildet. Zum einen gibt es spezialisierte Komplettanbieter, die neben Schweißen, Präzision und Lackieren auch das Verfüllen aus einer eigenen Mischanlage anbieten. Das erfordert eine hohe Investition, schlägt sich aber dauerhaft durch geringere Materialkosten nieder, da z.B. die erforderlichen Gesteinskörnungen mit Kippern aus den Kiesgruben nass angeliefert werden können. Zum anderen gibt es Hersteller



Abbildung 3: Verfüllen mit Hand

von Werk trockenbeton, die das anwendungsfertige Trockengemisch als Sackware oder im BigBag anbieten. Diese DIY-geeigneten Produkte müssen nur noch mit Wasser angerührt werden, wobei einfachste Mischtechnik ausreichend ist. Diese Vergussmassen sind meist selbstverdichtend eingestellt und werden in die Gestelle geschüttet oder gepumpt. Ein Verdichten mit Rüttlern ist nicht erforderlich. Wegen der erforderlichen Trocknung der Inhaltsstoffe als auch die Mischung und Abfüllung in spezialisierten Werk trockenmörtelwerken ist dieses Produkt teurer. Es eröffnet aber Maschinenbauern die Vorteile dieser Technologie bei eigenen Produkten mit eigener Wertschöpfung einzusetzen. Schweißbetriebe als auch Präzisionsbearbeitern können ohne Investitionskosten ihr Portfolio erweitern und einfach weitere Kundenkreise erschließen.

Zementgebundener Beton schrumpft und schwindet beim Erhärten, deswegen ist den Mischungen ein Quellmittel beigefügt, was das Material gegen die Wandung drückt. Für einen garantierten Schubverbund längs der Fuge Beton-Stahl reicht der Quelldruck nicht aus. Es werden deswegen Bewehrungsstäbe oder Schubnocken an die Innenwand geschweißt, so dass ein aneinander Vorbeigleiten der beiden Materialien ausgeschlossen ist. Durch den geometrischen Hinterschnitt und den Quelldruck kommt es auf die Haftung zwischen Verbundmasse und Stahl nicht an. Die Innenseite des Stahlkörpers sollte fettfrei sein, darf aber durchaus verrostet und nass sein.

Dickblech und Dünoblechkonstruktionen

Bei einem rein auf Stahltragfähigkeit und Stahlsteifigkeit ausgelegtem Bauteil, kann die Tragfähigkeit der Vergussmasse vernachlässigt werden. Im Gegenteil, bei einer Sandfüllung wirkt diese als zusätzli-



Abbildung 4: Reinigen von zementgebundenen Mineralguss mit Wasser

che Last, welche z.B. bei der Transportan- kerauslegung berücksichtigt werden muss.

Bei einer Dünoblechkonstruktion mit Blechdicken von lediglich 8mm wirkt die Stahlhülle nur als verlorene Schalung, die Tragfähigkeit wird durch den massiven Kern bestimmt. In diesen Fällen ist es angeraten mittels einer Bemessung, z.B. mit FEM, die Dauerhaftigkeit, Ris- sefreiheit und Langzeitgeometriekon- stanz sicherzustellen. Sowohl für den Gebrauchszustand der Maschine aber auch für Transportzustände sind die Ma- ximalspannungen in der Vergussmasse maßgebend und die auftretenden Stahl- spannungen ohne Relevanz. Bei diesen Konstruktionen kommt es dann auch maßgebend auf die technischen Eigen- schaften des verwendeten Produktes an.

Anwendungsgebiete sowie Vor- und Nachteile

Verfüllte Bauteile werden bei Bauteilen mit steifigkeitsorientiertem Design, wie Maschinenbetten für Werkzeugmaschi- nen oder Prüfrahen eingesetzt. In Ab- grenzung zu massiven Bauteilen aus einer Form haben Sie den Vorteil, dass nachträglich am „lebenden“ Objekt noch eine Vielzahl von Änderungen durch Schweißen und Bohren problemlos in der eigenen Werkstatt durchgeführt werden können. Auch ist bei Stückzahl 1 die Blechhülle preiswerter als eine Form für Mineralguss. Beide Gründe führen dazu, dass verfüllte Stahlschweißkonstrukti- onen vor allem bei Prototypen und kleinen Losgrößen ihren festen Platz haben.

Die Stahlhülle verbirgt aber auch even- tuelle Hohlstellen beim Vergießen und unvermeidliche Haarrisse aus geomet- rischer Unverträglichkeit sowie thermi- schen Spannungen beim Aushärten der Vergussmasse. Man sieht zum einen also nicht, was man bekommt. Zum anderen ist die rechnerische Auslegung mit grö- ßeren Unsicherheiten behaftet. Dies gilt umso mehr, da die Verbundgesetze zwi- schen Vergussmasse und Stahl von der Geometrie des Körpers abhängen und somit auch von Bauteil zu Bauteil leicht schwanken können.

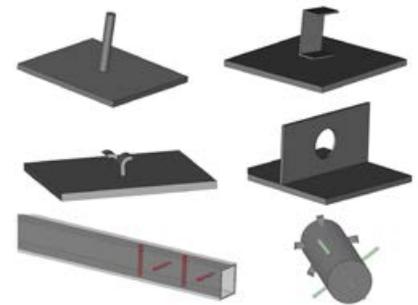


Abbildung 5: Verbundanker zur Sicherstellung des Schubverbundes

Versuch macht klug

Dafür bietet hybride Sandwichkonstrukti- on den unschlagbaren Vorteil, dass der Effekt der Verfüllung unmittelbar gemes- sen werden kann. Man misst entweder die Verformung unter Last an einem be- stimmten Punkt oder ermittelt die Eigen- frequenz an demselben Bauteil einmal vor und einmal nach der Verfüllung der Stahlkonstruktion. Die Verbesserungen bei den Messungen kann man zu den Verfüllkosten (Material und Lohn) in ein Verhältnis setzen. Der Vorstand kann so objektiv und messbar beurteilen, ob der Nutzen die Zusatzkosten rechtfertigt und eine sachgerechte Entscheidung über den Einsatz der Vergussmasse fällen.

Literatur

Thomas Hipke, Frank Schneider und Bernhard Sagmeister: Verschiedene Ver- füllmassen für Maschinenbetten im Ver- gleich. MM Maschinenmarkt 10-2019, Vogel Verlag, Würzburg

Bernhard Sagmeister: Tiefbohr-Fräsenz- trum per Vergussmörtel stärken. MM- Maschinenmarkt 16-2018, Vogel Verlag, Würzburg

Hilfsmittel für Konstruktion und Berechnung: Webinar Teil 7 bis 9 auf [www.you- tube.de/durcrete](http://www.youtube.de/durcrete)

Autor
PD Dr.-Ing. habil Bernhard Sagmeister, durcrete GmbH

Alle Bildrechte: durcrete GmbH

UV-Leuchten

HELLING
WERKSTOFFPRÜFUNG · UMWELTSCHUTZ
MEDIZINTECHNIK · SICHERHEITSTECHNIK

Alles für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung
Heidgraben, Tel. 04122 922-0
www.helling.de

Werkstoffe

in der Fertigung seit 58 Jahren

DIE FERTIGUNGSWELT VON MORGEN

osborn[®]

Osborn ATB[®]

Hightech-Bürstwerkzeuge
für automatisiertes Entgraten



[osborn.com](https://www.osborn.com)