



In der Augsburger Gießerei hergestellt: Große Gussteile aus Gusseisen mit Lamellengraphit bzw. Kugelgraphit.

Perfektes Timing

In Rekordzeit wurde bei der MAN B&W Diesel AG in Augsburg ein tonnenschwerer Zylinderkopf produziert. Dabei hat sich der Einsatz neuester Formherstellungstechnologien bewährt.

VON YVONNE GARNIER, AUGSBURG

In einer Firmenpräsentation der MAN B&W Diesel AG heißt es: „Dieselmotoren bestehen zu 70 bis 80 % aus gegossenen Bauteilen, daher ist die wichtigste Aufgabe unserer Gießerei das Herstellen dieser Teile mit der gewünschten Qualität und zu marktgerechten Preisen.“ An dieser hohen Anforderung misst sich die

MAN B&W Diesel AG, Augsburg im täglichen Betrieb selbst. Doch ist es auch möglich, einen Großdiesel-Zylinderkopf in 2 Wochen fertig zu stellen? So viel vorweg: Es ist machbar, wenn moderne Fertigungsverfahren zum Einsatz kommen.

Die MAN B&W Diesel AG, Tochter der weltweit agierenden MAN AG München, hat ihren Hauptsitz in Augsburg. Zum Produktportfolio der MAN B&W Diesel AG gehören neben Großdieselmotoren für Schiffsantriebe und Kraftwerke auch Propulsions-Systeme sowie Turbolader. Die Basis jedes dieser Produkte stellen qualitativ hochwertige Gussstücke dar, die größtenteils in der werkseigenen Gießerei entsteht.

Dort produzieren rund 250 Mitarbeiter monatlich einen Output von 2000 t Gusskomponenten und zwar aus Gusseisen mit Lamellengraphit bzw. Kugelgraphit. Das größte Seriengussteil – ein Kurbelgehäuse – wiegt immerhin 90 t. Alle mit dem Gießen verbundenen Arbeitsgänge wie CAD-Konstruktion, Modellbau, Formerei, Gießen, Wärmebehandlung und mechanische Präzisionsbearbeitung können intern abgebildet werden. Dieses leistungsfähige Portfolio wird auch als externe Dienstleis-

tung angeboten. So entstehen neben den weltweit führenden Dieselaggregaten auch Teile für Turbomaschinen (Bild 1) und Windkraftanlagen.

An die Grenze stößt die gut eingespielte Prozesskette jedoch, wenn Prototypen oder Erstmuster in weniger als den üblichen 8 bis 12 Wochen geliefert werden sollen. „Die Forderung nach möglichst kurzfristiger Lieferung erster Gussteile erreicht uns immer häufiger“, stellt Dr. Thomas Schuszter, Leiter der Arbeitsvorbereitung fest. Selbstbewusst erklärt er weiter: „Wir stellen uns dieser Aufgabe gerne und sehen die schnelle Reaktion als Möglichkeit, uns vom zunehmenden Wettbewerb abzugrenzen.“

Die Lieferzeit für die Erstmuster wird dabei im wesentlichen durch den Modellbau bestimmt. „Für die Herstellung der Modelleinrichtung und der Kernkästen eines Zylinderkopfes des Typs 58/64 mit einem Gussgewicht von 2,1 t kalkulieren wir etwa 10 bis 12 Wochen“, erläutert Dr. Schuszter.

Im konkreten Fall sollten Mitte April 10 Zylinderköpfe der neuen Baureihe 58/6400 der mechanischen Bearbeitung übergeben werden. Der Haken: das De-



Bild 1: Tonnenschwere Gusskomponenten werden in Augsburg in Serie hergestellt.

sign konnte jedoch erst Ende Februar fertig gestellt werden. Mit konventioneller Technik ein überaus knappes Unterfangen. „Realistisch betrachtet, war die Zeitvorgabe nur durch den konsequenten Einsatz neuester Formherstellungstechnologien realisierbar. Es war klar, dass wir hier einen geeigneten externen Partner finden mussten. Wir entschieden uns für Voxeljet Technology, da diese aus unserer Sicht die einzige adäquate Lösung bot und wir Voxeljet bereits aus früheren Projekten kannten.“ stellt Dr. Schuszter fest.

Die Voxeljet Technology GmbH mit Firmensitz in Augsburg produziert Sandformen und -kerne für den Metallguss im Kundenauftrag mit einem neuartigen Schichtbauverfahren. Das sogenannte „Generis-Sand“-Verfahren basiert auf einer 3-D-Drucktechnologie, bei der ein Formsand – wie z. B. Quarzsand – in dünnen Lagen auf einem Baufeld ausgebracht und anschließend mit Furanharz selektiv bedruckt wird. Das Harz bindet die Partikel innerhalb der Schicht und darunter. Die gewünschten Formen entstehen so computergesteuert und vollautomatisch Schicht für Schicht (siehe Infokasten). Wegen der additiven Vorgehensweise können belie-

big komplexe Geometrien in hoher Genauigkeit hergestellt werden.

Voxeljet verfügt derzeit über 2 Anlagen des Typs S15, mit denen Formteile bis zu einer Größe von 1,5 x 0,75 x 0,7 m in verschiedenen Formstoffen, überwiegend jedoch Quarzsand, hergestellt werden können. Bis zu 1,5 t Sand werden so Tag für Tag in Form gebracht. Produziert wird „on demand“, d. h. der Kunde schickt die 3-D-CAD-Daten der gewünschten Geometrie und definiert Stückzahl und Liefertermin. Nach nur 3 Tagen liegt dann die gussfertige Form vor, die anschließend per Spedition oder Kurier versendet wird. „Mittlerweile nutzen Gießereien und Modellbauer aus ganz Europa diesen einzigartigen Service“, sagt Dr. Ingo Ederer, Geschäftsführer der Voxeljet Technology.

Haupteinsatzgebiet war bislang die Automobilindustrie, die das Verfahren nutzt, um Prototypen für Motorenkomponenten und Fahrwerksteile zu produzieren. In zunehmenden Maße werden jetzt auch Formteile für Einzelstücke und kleinere Serien für den Endanwender hergestellt. Auch die Bereitstellung von kundenspezifischen Ersatzteilen erfreut sich zunehmender Nachfrage.

Das Zylinderkopf-Projekt öffnete aufgrund des Gussgewichtes und der Formgröße eine neue Dimension für das Rapid-Verfahren. „Für uns war das eine große Herausforderung, da wir bis dato wenig Erfahrung mit derart großen Gussteilen sammeln konnten“, erläutert Dr. Ederer.

In enger Abstimmung zwischen MAN und Voxeljet entschloss man sich deshalb einen ersten Form-Prototypen zu gießen und diesen zu analysieren, bevor weitere Formteile „gedruckt“ werden sollten. Befürchtet wurden vor allem Gussfehler aufgrund der Verwendung von Quarzneusand in Kombination mit dem schichtweisen Aufbau.

Formdesign

Aus früheren Projekten war bekannt, dass sich das Formdesign, wegen der Möglichkeit Hinterschnitte darstellen zu können, wesentlich vereinfachen lässt. In diesem Fall wurde jedoch ein radikal vereinfachter Ansatz gewählt: Gegenüber dem konventionellen Formaufbau, der aus einem Unter- und einem Oberkasten sowie 19 Kernen, 7 davon mit unterschiedlicher Geometrie besteht, wurde die Form lediglich in der Mitte geteilt. Die beiden Formhälften

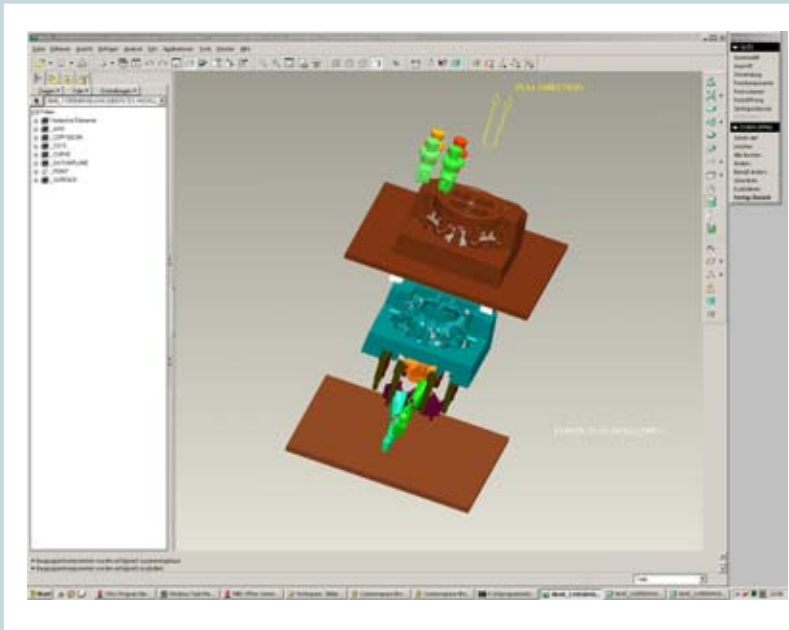


Bild 2: Formaufbau bei konventioneller Vorgehensweise



Bild 3: Formhälfte der Voxeljet-Gussform



Bild 4: Schlichtebehandlung der Voxeljet-Form

beinhalteten die Angüsse, Speiser und den Einguss. Um weiterhin auf der Brennraumseite Kühlleisen setzen zu können, wurde die Deckseite von der Form getrennt und über über Kernkästen konventionell realisiert. Der CAD-Entwurf wurde vollständig bei MAN B&W durchgeführt und benötigte etwa eine Woche.

Bild 2 zeigt den konventionellen Modellaufbau. In der Mitte von Bild 2 ist der komplexe Kern der Wasserraumschale zu sehen.

Nach Übertragung der Daten an Voxeljet wurde die erste Formhälfte gedruckt (Bild 3). Als Formstoff kam ein Sand mit einem MK von $190\ \mu\text{m}$ zum Einsatz, der bei $0,4\ \text{mm}$ Schichthöhe verarbeitet wurde. Etwa $28\ \text{h}$ benötigte die Anlage, um eine Formhälfte mit den Außenmaßen von $1460 \times 741 \times 600\ \text{mm}$ zu bauen. Die anschließende Reinigung der Form gestaltete sich trotz der massiven Hinterschnitte relativ problemlos. In gleicher Weise wurde die zweite Formhälfte aufgebaut und an MAN B&W geliefert.

Für ein sicheres Handling und den Transport der Formteile wurden bereits beim Formdesign verschiedene Vorkehrungen getroffen: Zum Beispiel wies jede Hälfte durchgehende Längsbohrungen zur Befestigung der Wendepalten auf. Auch wurden die freihängenden Einlass- und Auslasskerne mit Stützstreben gebaut, die bei MAN B&W einfach entfernt werden konnten. Nicht zuletzt trug die gute Festigkeit der Formteile dazu bei, dass im gesamten Projekt keine Transportschäden auftraten.

Der gesamte Ablauf dauert lediglich 4 Tage nach Datenübermittlung. In der Formerei wurden beide Teile mit der Grundplatte verklebt und anschließend mit Schlichte geflutet (Bild 4). Die getrockneten Formteile konnten dann montiert und im Kasten mit Formsand eingebettet werden. Gegossen wurde der Werkstoff EN-GJS 400-15 bei $1360\ \text{°C}$. Bis zum ersten Abguss vergingen so knapp 2 Wochen. „Die Spannung nach dem Entsanden des Gussteils war natürlich enorm“, beschreibt Andreas Heidinger, verantwortlicher Form-Designer bei MAN B&W seine Eindrücke bei der Inspektion des ersten Abgusses (Bild 5). „Wir hatten mit allen möglichen Fehlern gerechnet, aber bis auf einige Vererzungen, die wir mit einer verbesserten Schlichtebehandlung in den Griff bekamen, war der Guss in Ordnung.“

Die Schnittprobe durch das Bauteil zeigte ebenfalls die Richtigkeit des eingeschlagenen Weges, so dass mit der Fertigungsplanung der 20 Formhälften begonnen werden konnte (Bild 6). „Wir wussten natürlich, dass das ein harter Test für die gesamte Technologie werden würde. Der Zeitplan war so knapp, dass nichts Wesentliches schief gehen durfte“, gesteht Ale-



Bild 5: Rohgussteil nach der Strahlbehandlung Stückgewicht 2100 kg (generativer Formenbau)



Bild 6: Aufgesägter Test-Zylinderkopf

xander Kudernatsch, Fertigungsleiter bei Voxeljet.

In den folgenden 4 Wochen wurden neben dem laufenden Tagesgeschäft 2 bis 3 Formsätze pro Woche an MAN B&W geliefert. „Beim Abguss verhielten sich die Voxeljet Formen äußerst unproblematisch, so dass wir Anfang April die geforderte

Stückzahl von 10 Abgüssen zur mechanischen Bearbeitung geben konnten. Wir waren erleichtert, den Zeitplan einhalten zu können. Für uns ist dieser Weg bei kleinen Stückzahlen mittlerweile eine echte Alternative zum konventionellen Modellbau“, meint Dr. Thomas Schusztler, und Dr. Ingo Ederer ergänzt: „Für viele Anwender

kommt es zum Aha-Erlebnis, wenn Sie sehen, dass mit modernen Schichtbaumethoden nicht nur filigrane und verhältnismäßig teure Wasserraumkerne für exotische Rennsportanwendungen produziert werden können, sondern auch Formen für Standardanwendungen zu sinnvollen Konditionen entstehen.“

Das Voxeljet-Verfahren im Überblick

Grundlage sind die 3-D-Formdaten, die am Besten das komplette Gießsystem enthalten. Die Form-Daten werden dann vom Bediener im virtuellen Bauraum platziert und vom Programm in Schichten geschnitten. Anschließend wird der Bauprozess gestartet. Der Formsand wird während des Prozesses chargenweise mit einem Härter vermischt und anschließend flächig über die gesamte Baubreite in 0,25 bis 0,4 mm dünnen Schichten aufgetragen. Die zweite Komponente, der Furanharz-Binder, wird mit Hilfe eines Hochleistungsdruckkopfes selektiv eingedrückt. Der Binder verklebt die umliegenden Partikel mit der unteren Lage ohne weitere Behandlung. Kurz nach Beendigung des Bauprozesses wird der umliegende ungehärtete Sand durch Absaugen entfernt. Nach Endreinigung der Formen steht eine abgussfertige Sandform zur Verfügung.

Formstoffe: Zum Einsatz kommen je nach Anwendung Quarzsande verschiedener Körnung, Zirconsand sowie Magnetit. Vorzugsweise werden Sände mit einem mittleren Korndurchmesser von 0,14 mm verwendet. Für höhere Ansprüche an die Oberfläche kommen zum Teil noch feinere Sände zum Einsatz. Wird jedoch eine hohe Gasdurchlässigkeit gefordert, so wird meistens auf einen Sand mit einer Körnung von 0,19 mm zurückgegriffen.

