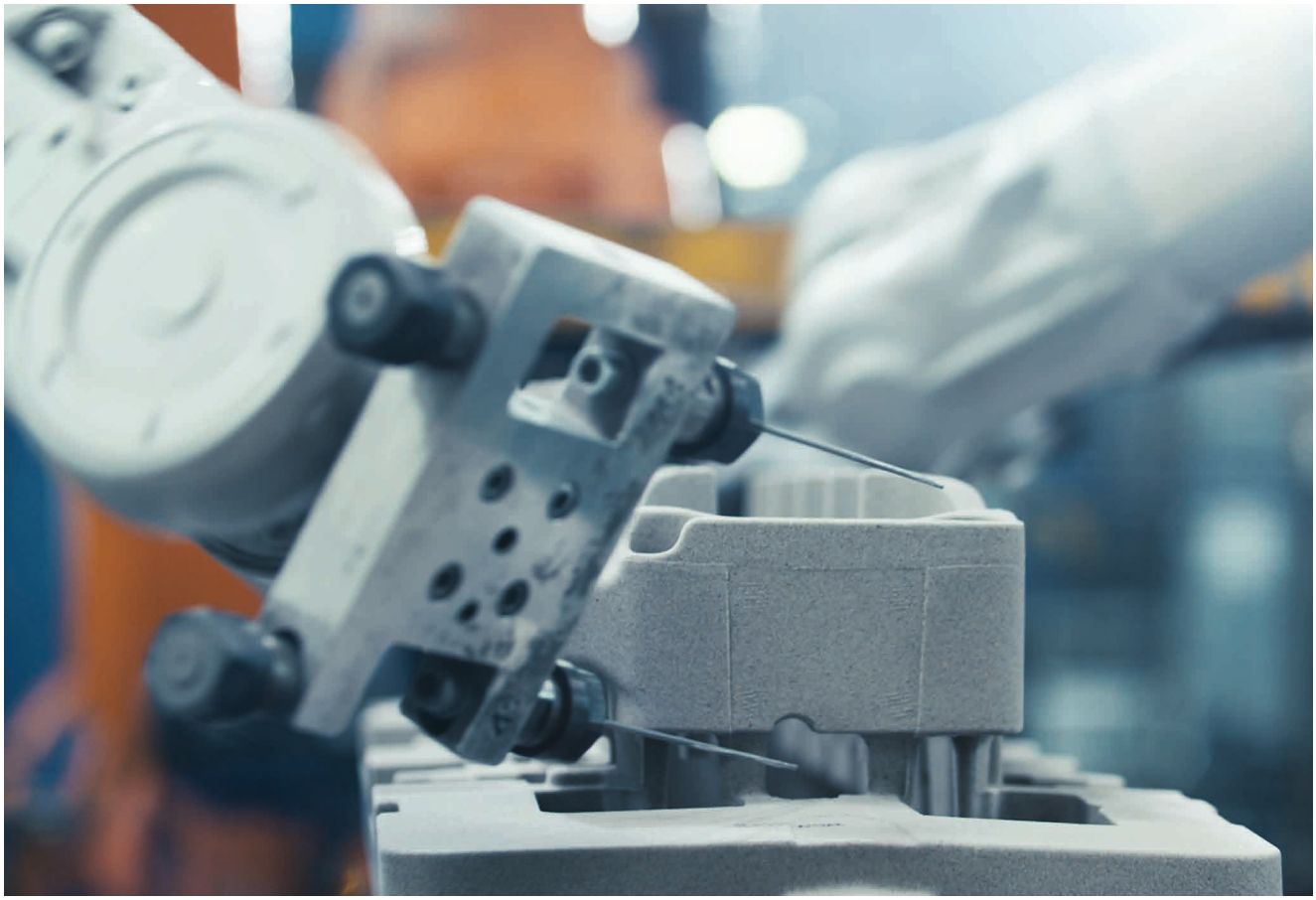
Internet-PDF aus „GIESSEREI“ (2017), Heft 12, Seite 50–53.
Nachdruck verboten. © Giesserei-Verlag GmbH, Düsseldorf



FOTOS: ASK CHEMICALS

Produktion von anorganischen Kernen mit der Inotec-Technologie bei ASK Chemicals.

Materialeigenschaften und Prozessanforderungen bei der anorganischen Kernfertigung

Zehn Jahren sind seit der Einführung der Inotec-Technologie in die großseriellen Prozessabläufe der Kernfertigungen von Gießereien vergangen. Die von ASK Chemicals, Hilden, entwickelte Technologie zur Herstellung von Al-Zylinderköpfen und -Kurbelgehäusen im Niederdruckkokillen- und Schwerkraftgießverfahren hat sich inzwischen als produktives und alternatives Kernfertigungsverfahren durchgesetzt.

VON CHRISTIAN APPELT, HILDEN

Diese geruchs- sowie emissionsfreie Kernfertigung zeichnet sich ebenfalls durch einen sehr geringen Reinigungs- sowie Wartungsaufwand für Maschinen und Werkzeuge in den nachgeschalteten Gießprozessen aus. Die ökologischen Vorteile sind mit ökonomischen und technologischen Einflüssen stark verknüpft, sodass eine erhöhte Metalldauerformverfügbarkeit zu einer allgemeinen Produktivitätssteigerung und erhöhten mechanischen Bauteilfestigkeiten führt. Um diese Technologie sowie die ökologischen, ökonomischen und technologischen Faktoren gewinnbringend einzusetzen, sind Kenntnisse und Fachwissen über Materialien und Prozesse vorausgesetzt.

Bei großseriellen Prozessabläufen der Kernfertigungen und Gießereien habe sich die Inotec-Technologie im Niederdruckkokillen- und Schwerkraftgießverfahren als produktives Kernherstellungsverfahren durchgesetzt“, heißt es seitens ASK Chemicals.

Die eigentliche Motivation zur Einführung der anorganischen Bindemittelsysteme verlief unter dem Schlagwort „Emissionsfreies Gießen“ und basiert auf der Vermeidung von schädlichen flüchtigen Verbindungen und Emissionen während der Kernherstellungs-, Kernlagerungs-

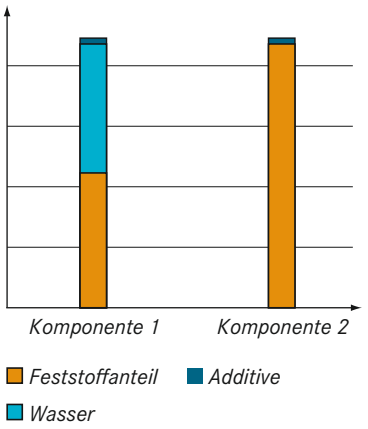


Bild 1: **Typische Zusammensetzung eines Inotec-Bindemittelsystems.**

und Gießprozesse, die letztendlich einen Wegfall von Luftaufbereitungsmaßnahmen bewirken. Ein drastisch reduzierter Reinigungs- und Wartungsaufwand der Metalldauerformen basiert auf der anorganischen Natur der Inotec-Technologie, da die Bildung von Kondensaten und Pyrolyseprodukten während der Gießprozesse nicht beobachtet wird. Das Fehlen dieser Kondensate ermöglicht ebenfalls eine schnellere Gussteilerstarrung aufgrund reduzierter Temperaturen der Metalldauerformen, die zur mechanischen Festigkeit der metallurgischen Gefüge beitragen. Die ökologischen Vorteile dieser Technologie lassen sich also mit ökonomischen und technologischen Faktoren verbinden.

Die Inotec-Technologie wird als Zwei-Komponentenbindemittelsystem beschrieben: Komponente 1 bildet das flüssige Inotec-Bindemittel, das als modifizierte Alkalisilikatlösung zu beschreiben ist und spezifische Sandkerneigenschaften während der Herstellung (Endfestigkeit, Fließfähigkeit) beeinflusst; Komponente 2 ist der pulverförmige Inotec-Promotor, der als Gemisch synthetischer und natürlicher Rohstoffe auf Basis einer vollständig anorganischen Produktzusammensetzung aufgebaut ist (Bild 1).

Durch den Einsatz des Inotec-Promotors werden vor allem mechanische und thermophysikalische Kenngrößen des Sandkerns während der Herstellung (Sofortfestigkeit, Fließfähigkeit), aber vor allem während der Gießprozesse beeinflusst und somit Gussteile mit einer dimensionsgerechten Maßhaltigkeit sowie hoher Oberflächengüte erhalten.

Bindemittelsystem mit ausgewogener Viskosität und partikulärer Struktur des Promotors

Das Inotec-Bindemittel beinhaltet einen aktiven Feststoffanteil zwischen 35 und 55 % auf Basis einer wässrigen Lösung. Die makroskopische Größe der Viskosität wird dabei durch diesen aktiven Feststoffanteil sowie durch dessen eingestellte Reaktivität beeinflusst, wobei die Viskosität allen Anforderungen während der Misch- und Kernherstellungsprozesse, wie z. B. Benetzungsverhalten der Sandkornoberfläche und Fließfähigkeit bei produktiver Taktzykluszeit, gerecht wird. Der Inotec-Promotor beinhaltet über 99,8 % feste Bestandteile. Die partikuläre, also pulverförmige, Struktur des Promotors ist essentiell, um den Einbau netzwerkbildender Bestandteile zu ermöglichen sowie als Füllstoff zur Erhöhung der Fließfähigkeit der Formstoffmischung und Erhöhung der Sandkernpackungsdichte zu agieren.

Die Kernherstellung wird durch einen physikalisch-chemischen Härtemechanismus beschrieben. Das Einbringen und Bereitstellen thermischer Energie durch beheizte Stahlwerkzeuge und entfeuchtete, beheizte Druckluft führt zur Verdampfung des freien Lösungsmittelwassers und initiiert zugleich eine chemische Polykondensationsreaktion unter Ausbildung eines dreidimensionalen Silikatnetzwerks, das den eigentlichen Festigkeitsverbund im Sandkern beschreibt (Bild 2). Gleichzeitig werden spezifische Rohstoffe des Inotec-Promotors über eine Oberflächenreaktion mit den freien, nicht kondensierten OH-Gruppen des dreidimensionalen Silikatgerüsts vernetzt und können so gezielt Einfluss auf die mechanischen sowie thermischen Sandkerneigenschaften nehmen. Die ausgebildete Binderbrücke besitzt eine Gelstruktur und beinhaltet je nach Querschnitt und Volumen des Sandkerns sowie des Energieeintrags bei der Kernherstellung eine definierte Menge an Restwasser. Wird dieses Restwasser durch weiteres Einbringen von thermischer Energie ausgetrieben, verliert die Binderbrücke ihre bindende Gelstruktur und versprödet, was sandige Kernoberflächen sowie Kernbruch zur Folge hat.

Die Materialeigenschaften der Inotec-Technologie definieren somit die Prozessfenster und die technischen Voraussetzungen der Fertigung: Robuste und produktive Verfahrensabläufe können effektiv durch geeigneten Kontroll- und Qualitätssicherungsmaßnahmen gewährleistet werden.

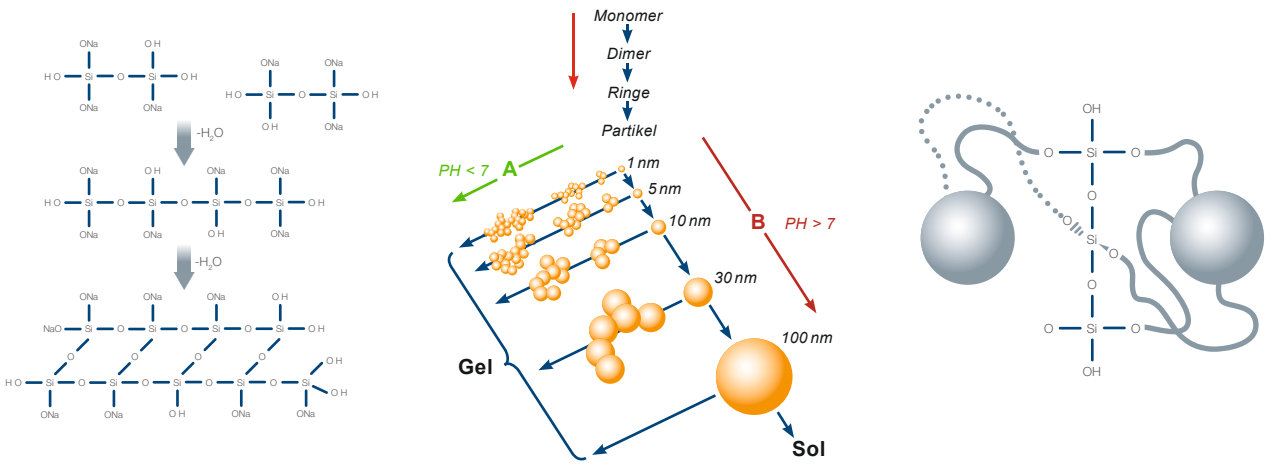


Bild 2: Polykondensationsreaktion und schematische Beschreibung des Sol-Gel Prozesses.

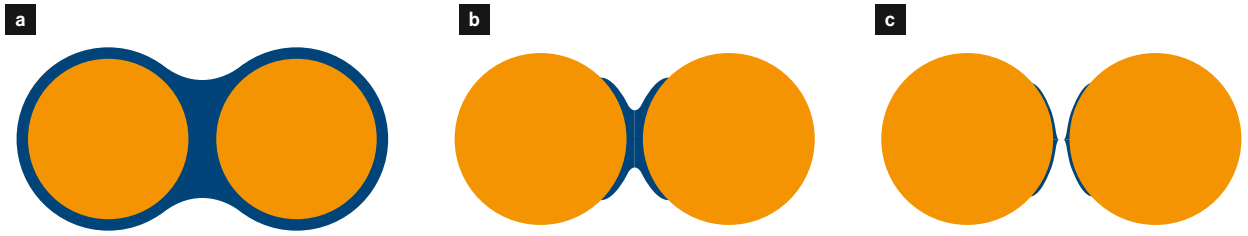


Bild 3: a) Homogene Verteilung des Inotec-Bindemittelsystems in der Formstoffmischung; b) Binderbücke mit Gelstruktur; c) zerstörte Binderbrücke durch Versprödung.

Prozessanforderungen: Vom Wareneingang bis zum Einsatz anorganisch-gebundener Sandkerne

Die zur anorganischen Kernherstellung üblicherweise eingesetzten Quarzsandqualitäten müssen neben Anforderungen der Gussteilrautiefe auch spezifische chemische und physikalische Eigenschaften erfüllen (Tabelle 1): eine hohe chemische Reinheit von > 99 % SiO_2 gewährleistet eine hohe Bindemittelkompatibilität, wobei Verunreinigungen wie z. B. Tone oder Kalk zu reduzierten Festigkeitseigenschaften der Sandkerne führen; Sieblinie und Feinkornanteil verändern die Gasdurchlässigkeit der Sandkerne maßgeblich, sodass Taktzeitverlängerungen bzw. ein Produktivitätsverlust bei feinen Quarzsandqualitäten und voluminösen Kerngeometrien auftreten. Vor allem saure Quarzsande mit einem pH-Wert < 6,5 führen im Allgemeinen zu verkürzten Sandlebenszeiten.

Daher erfährt die Festlegung relevanter Spezifikationsbereiche und Handlungsräume bei nicht-spezifikationskonformen Analysendaten der Wareneingangskontrolle des Formgrundstoffs sowie die Dokumentation der Ergebnisse zur statistischen Auswertung (Erfahrungstiefe) eine übergeordnete Rolle. Die Kompatibilität des Inotec-Bindersystems mit den spezifischen Sandlieferungen wird praktisch durch Bestimmung der 3-Punkt-Biegefestigkeit nach vorgeschriebenen Qualitätsverfahren (Ort und Zeitpunkt der Probennahme, technische Ausrüstung, Reproduzierbarkeit) untersucht. Bei der Herstellung der Formstoffmischung sind Dosiergenauigkeit der technischen Anlagen sowie die Zugabereihenfolge der Bindemittelsystemkomponenten als Voraussetzung einer homogenen Formstoffzusammensetzung entscheidend. Faktoren wie Chargengröße, Zeit, Umdrehungsgeschwindigkeit sowie horizontale und vertikale Anordnung der Mischeinheit beeinflussen die Homogenität der Formstoffmischung. Die Einhaltung einer Reinigungsmatrix für Dosier- und Mischeinheiten ist essentiell, um eine produktive anorganische Kernfertigung zu betreiben.

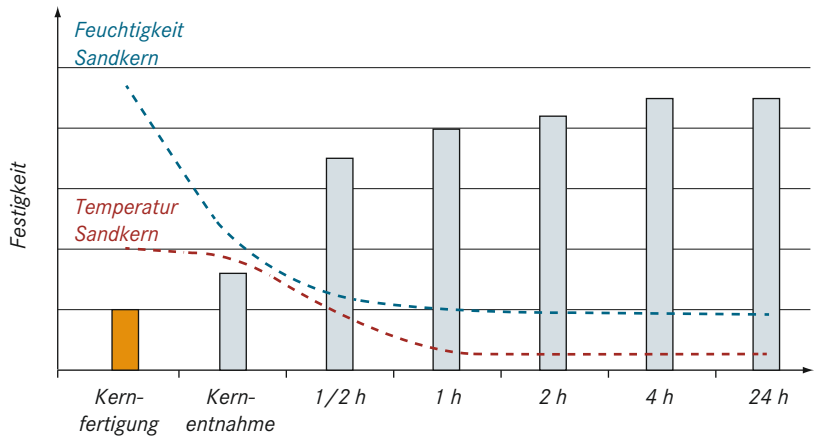


Bild 4: Temperatur- und Feuchtigkeitsverlauf Inotec-gebundener Sandkerne bei geringer Luftfeuchtigkeit.

Die Formfüllvorgänge der Kernschießprozesse werden im Wesentlichen durch technische Voraussetzungen (Durchmesser und Anordnung der Schießdüsen und Entlüftungssysteme, Schießdruck) sowie auch durch die Fließfähigkeitseigenschaft der Formstoffmischung durch Auswahl spezifischer Inotec-Bindersysteme gewährleistet. Aufgrund des physikalisch-chemischen Härtemechanismus der Inotec-Technologie, ist die Bereitstellung von thermischer Energie als dritter Bindersystemkomponente während der Kernfertigung und Aushärtung entscheidend. Eine stete Prozesskontrolle der Konturtemperatur des Kernkastens sowie der Druckluftparameter (Druck, Temperatur) beim Eintritt in den Kernkasten ist zu empfehlen, da die Randschalenbildung (mechanischer Stützstrumpf) sowie auch die vollständige Aushärtung der Formstoffmischung direkt beeinflusst wird. Dabei bedingt der zugrundliegende Härtemechanismus der Inotec-Technologie einen querschnitt- und volumenabhängigen Festigkeitsverlauf sowie volumenabhängige Taktzykluszeiten.

Die Lagerbeständigkeit von anorganisch-gebundenen Sandkernen ist aufgrund der Reversibilität der Binderbrückenbildung im Falle hoher Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit begrenzt, sodass üblicherweise klimatisierte Kernlager eingesetzt werden. Dabei gilt das Gleichgewicht zwischen Temperatur und Feuchtigkeit des Sandkerns und der Umgebungsluft als Triebkraft der Feuchtigkeitsaufnahme (Bilder 4 und 5).

Auch hier kann durch die Auswahl spezifischer Inotec-Bindersysteme eine ausreichende und prozessstabile Lagerbeständigkeit gewährleistet werden.

Das Einfüllen der flüssigen Aluminiumschmelze während des Gießprozesses bewirkt einen thermischen Energieeintrag und verursacht eine Gleichgewichtsverschiebung im anorganisch-gebundenen Sandkern unter Freisetzung von freiem Restlösungsmittelwasser und chemisch-gebundenem Wasser der freien Si-OH-Gruppen des 3-D-Silikatnetzwerks. Daher gewährleisten die Gasdurchlässigkeit der Sandkerne sowie auch die Geometrie und Lage des Sandkerns in der Metalldauerform, aber auch die Orientierung der Kernmarken, eine erfolgreiche Kerngasentlüftung.

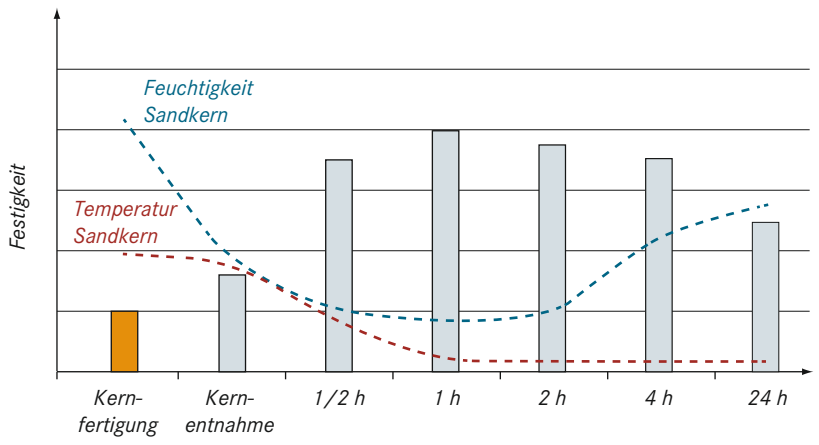


Bild 5: **Temperatur- und Feuchtigkeitsverlauf Inotec-gebundener Sandkerne bei hoher Luftfeuchtigkeit.**

Tabelle 1: **Chemische und physikalische Anforderungen an Quarzsandqualitäten.**

Formgrundstoff: Quarzsand (96-97 % des Sandkerns)	
Chemische Reinheit	> Verringerte Verarbeitungszeit der FSM > Reduzierte Festigkeitseigenschaften (Tone, Kalk) > Verringerter Kernzerfall (Al_2O_3, P_2O_5, ZrO_2)
Sieblinie/MK/Feinkornanteil (<0,125 mm)	> Festigkeitsniveau > Rautiefe Gussoberfläche > Gasdurchlässigkeit (Taktzykluszeit, Gasblasendefekte)
pH-Wert	> Ideal: pH = 6,5 – 7,5 > pH <6,5: verringerte Verarbeitungszeit der Formstoffmischung
Bindemittelsystem	
3-Punkt-Biegefestigkeit	> Prüfablauf nach vorgeschriebenen Qualitätsverfahren (Ort und Zeitpunkt der Probenannahme, technische Ausrüstung, Reproduzierbarkeit)

Abschließend ist festzuhalten, dass sich die Breite des Prozessfensters der anorganischen Kernfertigung im Vergleich zu organischen Kernherstellungsverfahren deutlich reduziert hat. Dabei können geeignete technische Maßnahmen unter Berücksichtigung der Inotec-Materialeigenschaften sowie spezifische Kontroll- und Qualitätsmaßnahmen stabile und produktive Prozessabläufe der anorganischen Kernfertigung begleiten und sichern.

Dr. Christian Appelt, Global Incubator Business Manager Inorganics bei ASK Chemicals, Hilden

www.ask-chemicals.com