



SCHMELZEN & GIESSEN

Zukunft der Gießerei: Effizienz in der Formstoffaufbereitung optimieren

Edith Weiser, Maria-Luise Liepe

Um im globalen Wettbewerb zu bestehen, erfordert die Gießereipraxis heute ressourcenschonende und digital vernetzte Prozesse. Im Zentrum steht dabei die präzise Aufbereitung tongebundener Formstoffe. Durch den Einsatz von Vakuumtechnik und intelligentem Sandmanagement lassen sich Energieverbrauch und formstoffbedingter Ausschuss signifikant senken. Technologische Innovationen für höchste Gussqualität, bei gleichzeitiger Reduzierung des CO₂-Fußabdrucks, bieten Lösungen für die Zukunftsfähigkeit der Branche.

Die Gießereibranche spielt eine unersetzliche Rolle als Lieferant hochkomplexer Bauteile für eine Vielzahl von Anwendungen, vom Maschinenbau bis hin zur Automobilindustrie. Gleichzeitig steht dieser Industriesektor vor gewaltigen Herausforderungen. Bis zum Jahr 2045, beziehungsweise auf europäischer Ebene bis 2050, soll die Produktion vollständig klimaneutral gestaltet werden. Dieser ehrgeizige Weg wird von einer zunehmend dichten und teils wechselhaften Gesetzgebung begleitet, die das Navigieren durch den regulatorischen Dschungel für viele Betriebe erschwert. Zu den politischen Vorgaben gesellen

sich handfeste ökonomische Belastungen: Ein eklatanter Fachkräftemangel, rasant gestiegene Gas- und Energiepreise sowie globale Veränderungen und Unwägbarkeiten im Rohstoffbezug setzen traditionsreiche Unternehmen unter Zugzwang.

Transformation der Gießereiindustrie

Die Gießereiindustrie gehört zu den energieintensivsten Branchen überhaupt. Nicht allein durch den Einsatz von Hochtemperatur, sondern zusätzlich durch die Notwendigkeit der Kühlung in der Formstoffaufberei-

tung, muss durchschnittlich mit einem Energiebedarf von etwa 2.000 kWh pro Tonne gutem Guss gerechnet werden. Hochgerechnet ergibt sich allein für die deutsche Gießerei-Branche ein immenser Gesamtbedarf von rund 11 Milliarden kWh Energie pro Jahr. Hinzu kommen Rohstoffe: Jedes Jahr verbraucht die Branche über 100 Millionen Tonnen Sand. Diese natürliche Ressource ist die absolute Basis für optimale Gussergebnisse. Dennoch wurde die Relevanz der Formstoffqualität und mögliche Effizienzsteigerungen in der Produktion in der Vergangenheit häufig unterschätzt. Ziel einer zukunftssicheren Gießerei-

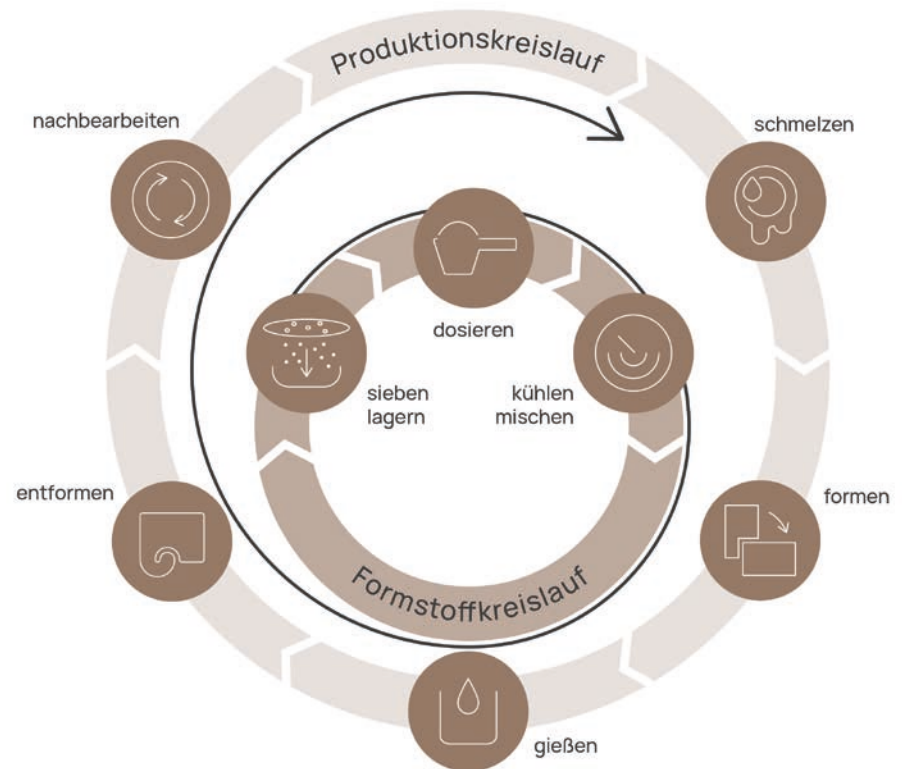
industrie muss es sein, den Einsatz von Material und Energie so zu optimieren, dass sie möglichst wenig davon benötigt, und gleichzeitig das bestmögliche Produkt bietet.

Bedeutung der Formstofffestigkeit

Eine der wichtigsten Eigenschaften einer Form aus tongebundenem Sand ist ihre Verdichtbarkeit. In der traditionellen Gießereipraxis nutzten erfahrene Gießereimeister ihr geschultes Gespür in den eigenen Händen, um festzustellen, ob der gemischte und verwendete Formstoff die richtigen Eigenschaften zur Herstellung einer Gussform hat. Mittlerweile bietet die Technik ein breites Spektrum an Möglichkeiten, aber die Herausforderung bleibt dieselbe. Denn jede Form ist beim Abguss, aber auch beim sonstigen Handling, unterschiedlichen mechanischen Belastungen ausgesetzt und muss trotzdem zuverlässig die geformte Geometrie stabil halten. Des Weiteren muss der aufbereitete Sand eine gute Fließfähigkeit haben, um die Formgebung von komplizierten Modellgeometrien darzustellen.

Anforderungen an die Aufbereitungstechnik

Hier kommt eine gute Formstoffsteuerung zum Tragen, die unvermeidliche Schwankungen der Formstoffzusammensetzung ausgleicht. Im Mischer werden Altsand (Kreislaufsand), Neusand als Formgrundstoff, Bentonit als Bindemittel, Kohlenstaub und Wasser abgewogen. Zur Aufbereitung in einer geeigneten Qualität vereint ein Mischer idealerweise verschiedene Aufgaben innerhalb kurzer Zeit: das Homogenisieren von Altsand und Zusätzen, homogenes Untermischen von Wasser, Dispergieren und Aufschließen von Bentonit (Aktivton), gleichmäßige Umhüllung der Quarzkörner mit Bentonit, sowie die Auflockerung von Formsand. Für die diversen Aufgaben wurden im Laufe der Zeit unterschiedliche Arten von Mischern entwickelt:



Bildquelle: Maschinenfabrik Gustav Eirich

Bild 1: Formstoffkreislauf

1. Vertikaler Walzenmischer (Kollermischer)
2. horizontaler Walzenmischer (Seitenwandschnellmischer)
3. Wirbelmischer
4. Wirbelmischer mit drehendem Mischtrog
5. Wirbelmischer mit drehendem Mischtrog mit Vakuumtechnik

Einflussfaktoren von Altsand

Altsand entsteht durch das Auspacken der abgegossenen Formen und wird zu 90-95 % für eine neue Mischung wiedereingesetzt. In diesem Altsand liegen die Komponenten Neusand, Bentonit, Kohlenstaub und Wasser in unterschiedlichen Anteilen vor und geringer als bei der Herstellung der Mischung. Dies nennt man den Abbrand durch den Abguss. Der Altsand hat meist eine sehr hohe Temperatur und ist in der Konsequenz auch sehr trocken. Der Bentonit verliert dadurch seine Klebekraft. In vielen Gießereien wird deshalb ein Kühler verwendet, um den Sand zu homogenisieren, zu kühlen, zu entstauben und

zu befeuchten. Dies ist notwendig, um speziell den noch vorliegenden Bentonit für eine neue Aufbereitung zu aktivieren. Ein gut vorbereiteter Altsand sollte mit einer Temperatur von weniger als 40 °C und einer Restfeuchte von $\pm 2 \%$ in die Silos eingelagert werden. In der Lagerzeit, die ca. 2 Stunden betragen sollte, werden die Wassermoleküle in die Schichtpakete des Bentonits eingelagert. Die dabei auftretende Volumenvergrößerung wird als Quellung bezeichnet.

Dies führt zu einer Aufweitung der Bentonit Schichtpakete, die bei der Aufbereitung der Mischung notwendig ist. Hier wird deutlich, dass der Altsand mit seiner Temperatur und der Restfeuchte eine große Bedeutung für die Qualität einer frisch aufbereiteten Formstoffmischung hat. In den meisten Anlagen einer Formstoffaufbereitung mit den Mischervarianten 1-4 wird bzw. muss dafür ein Kühler vor einer Bunkeranlage installiert sein. Dieser Kühler homogenisiert, kühlt, entstaubt und befeuchtet den heißen Altsand. Leider treten auch

Bildquelle: Maschinenfabrik Gustav Eirich

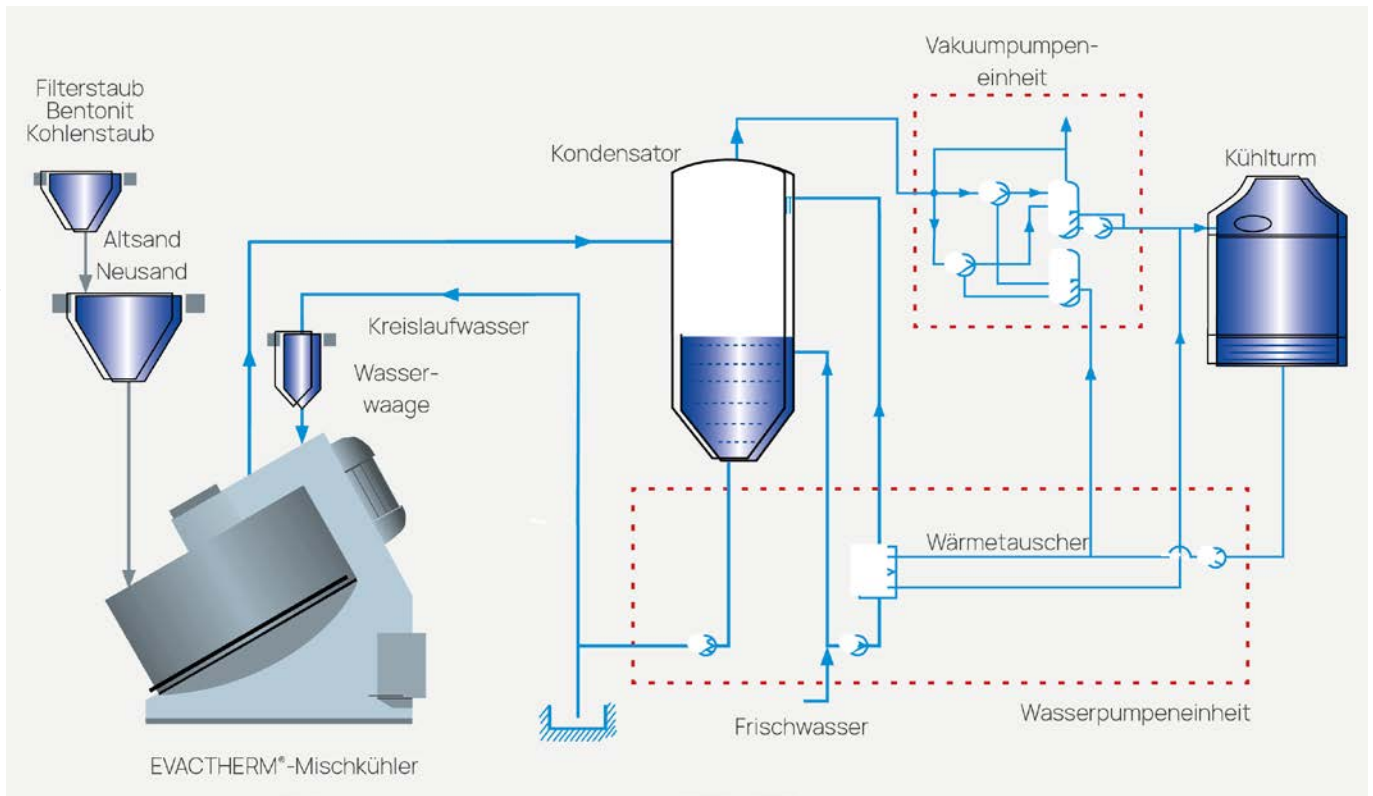


Bild 2: Evakthermverfahren

hier Schwankungen im Formstoff oder Fälle mit schlechtem Aufbereitungsgrad auf. Diese Schwankungen entstehen durch wechselnde klimatische Bedingungen, beispielsweise im Winter und Sommer, oder durch zu hohe Umlaufzyklen. Der Sand kann nicht ausreichend gekühlt werden, oder die benötigte Lagerzeit kann nicht eingehalten werden. Zudem sind die Kühler platzraubend und tragen enorm zum hohen Energieverbrauch des Verfahrens bei.

Vakuumentechologie als Lösungsansatz

Mit einem Wirbelmischer mit drehendem Mischtrug und Vakuumtechnik können diese Einflussfaktoren ausgeschlossen werden. In der Gießereibranche wird unter Ausnutzung thermodynamischer Effekte das erwähnte Vakuum-Prinzip, bekannt als EVACTHERM-Verfahren, weltweit in über 70 Mixchern erfolgreich eingesetzt. Bei EVACTHERM-Mixchern wird der vorgeschaltete Luftkühler obsolet; die komplette Aufbereitung erfolgt in einem geschlossenen

Mischsystem. Der Altsand wird warm und trocken in den Bunker gefördert. Anhaftungen durch zu nassen Sand oder Kondensation durch noch zu warmen Sand werden dadurch vermieden und die notwendige Lagerdauer reduziert. Der warme Altsand wird abgewogen und mit den anderen trockenen Komponenten in den Mischer gegeben. Feuchte und Temperatur werden im Zuge dessen gemessen. Der Mischung wird ein Überschuss an Wasser zugegeben und der Sand damit „überfeuchtet“. Anschließend wird der Druck im Mischer auf 74 mbar gesenkt. Das Vakuum in der Maschine senkt den Siedepunkt des Wassers. Durch die Höhe des Unterdrucks kann kontrolliert werden, dass der aufbereitete Formstoff das System mit der exakt gewünschten Temperatur verlässt. Die Verdampfungswärme des Wassers wird zur Kühlung von Formstoff genutzt, der auf eine Temperatur von < 40°C abkühlt, egal ob das Thermometer in der Gießerei 10 °C oder 45 °C anzeigt oder ob der Altsand 45 °C oder 100 °C hatte.

Die Dampfatmosfera im Inneren hilft darüber hinaus, die Sand- und Additivbestandteile zu umnetzen. Durch den niedrigen Druck weiten sich die Schichtpakete des Bentonites. Der Übergang von Wasser in Wasserdampf lässt die Oberflächenspannung um ein Vielfaches sinken. Beides erleichtert die Aufnahme des Wassers vom Bentonit. Durch die Volumenzunahme des Wassers in Form von Wasserdampf (1 Liter Wasser ergibt 1672 Liter Wasserdampf) steht dem Bentonit in jedem Bereich des Mixchers sofort Wasserdampf oder -moleküle zur Aufnahme zur Verfügung. Außerdem verbleiben Wertstoffe in Form von Feinpartikeln im Wasser-System und werden den nächsten Sandchargen wieder hinzugeführt. Es geht nichts in Abluftsysteme und Filter, die deshalb auch um einiges kleiner ausgelegt werden können.

Nach der vorgegebenen Mischzeit wird das Vakuum schlagartig aufgelöst. Durch den nun wieder erhöhten Druck werden die aufgenommenen Wassermoleküle noch tiefer in die Schichtpa-

kete des Bentonites eingebettet. Diese Vorgänge ermöglichen eine gleichmäßige Temperatur-Steuerung des tongebundenen Formstoffes. Durch den immer kühlen Formstoff reduziert sich die Gefahr der Formfehler, formstoffbedingter Ausschuss wird reduziert.

Potenziale geschlossener Systeme

Das revolutionäre Potenzial des durch EVACTHERM ermöglichten geschlossenen Systems liegt vor allem darin, dass es das Kühlen und Mischen in nur einem einzigen Aggregat vereint. Dass ein vorgeschalteter Luftkühler (egal ob Fließbett- oder Mischkühler) nicht mehr benötigt wird, erhöht die Energieersparnis und umfassende Umweltverträglichkeit dieses Verfahrens signifikant. Ein markanter Vorteil ist außerdem, dass wertvolle Feinanteile des Formstoffs im System verbleiben. Sie werden nicht durch eine Entstaubungsanlage abgesaugt, wodurch sich Aufwände für Filtern, Deponieren und Abtransportieren merklich verringern. Zusätzlich verbleiben keine unkontrollierten Dämpfe im Rohrleitungssystem, was Taupunktunterschreitungen verhindert und Reinigungsarbeiten an den Entstaubungsrohrleitungen auf ein absolutes Minimum reduziert. Durch den Wegfall des konventionellen Kühlers kann die benötigte Entstaubungsluftmenge nahezu halbiert, nämlich um bis zu 40-50 % verringert werden. In einem geschlossenen Wasserkreislauf werden die Wertstoffe, die mit dem Wasserdampf extrahiert werden, im Kondensator ausgewaschen und über die Wasserwaage dem Formstoff direkt wieder zugeführt. Dies schont nicht nur die Umwelt durch weniger LKW-Fahrten zur Deponie, sondern senkt auch den Energiebedarf der Peripherie drastisch, da beispielsweise der Abluftventilator der Entstaubungsanlage wesentlich kleiner dimensioniert werden kann. Praxiserfahrungen zeigen, dass der Additiveinsatz um 10 % und der Energiebedarf des Systems in Summe

ebenfalls um gut 10 % reduziert werden können.

Energieeffizienz durch Drehmoment

Ein weiterer entscheidender Hebel auf dem Weg zur CO₂-Neutralität und zur Bewältigung hoher Stromkosten ist die Betrachtung der installierten elektrischen Leistung im Vergleich zur tatsächlich abgerufenen Leistung. In hochmodernen Mischer-Konfigurationen lassen sich mittlerweile exzellente Werte von nur 0,9 kW/h pro Tonne Guss erreichen. Diese Effizienz wird durch den Einsatz modernster Antriebstechnologien ermöglicht. Hochmoderne Torquemotoren eignen sich mit ihrem enormen Drehmoment hervorragend als Direktantrieb für das Mischwerkzeug – unabhängig davon, ob es sich um einen konventionellen Intensivmischer oder eine Anlage mit Vakuumtechnik handelt.

Diese Synchron-Motoren ersetzen den klassischen Asynchronantrieb samt störanfälliger Übersetzung, wie Getrieben oder Keilriemen. Das bringt die Kraft optimal und verlustfrei auf das Werkzeug. Der Torquemotor zeichnet sich durch einen exzellenten Wirkungsgrad über das gesamte Drehzahlband aus und bietet in allen Betriebsphasen höchste Effizienz, ganz gleich, ob er zu 10 % oder zu 100 % belastet wird. Im Gegensatz zu Asynchronantrieben, bei denen Riemen bei hohen Lastmomenten durchdrehen können (was unweigerlich zu Stillstandszeiten, Reparaturen und Zeitverlust führt), hält der Torquemotor seine Drehzahl konstant. Vergleichende Feldmessungen zweier baugleicher Mischer mit identischem Prozess zeigen, dass ein Torquemotor als Wirbler-Antrieb 25 % oder weniger Energie verbraucht. Zudem profitieren Gießereien von einem massiv reduzierten Wartungsaufwand sowie extrem verringerten Geräusch- und Schwingungsemissionen, was den Arbeitsplatz Gießerei deutlich moderner und ergonomischer macht.

Digitales Inline-Qualitätsmanagement

Abgesehen davon, dass die konsequente Digitalisierung ein notwendiger Schritt ist, um Prozesse zukunftsicher aufzustellen, ist sie auch im Hinblick auf anhaltenden Fachkräftemangel in der Branche wirksam. Wenn das Erfahrungswissen der Gießereimeister zunehmend fehlt, muss dieses Expertenwissen direkt durch den Lieferanten in die Anlagensteuerung implementiert werden. Bisher fanden Sandprüfungen klassisch im Labor statt – ein Prozess, der Zeit kostet und oft bedeutet, dass der geprüfte Sand längst auf der Formanlage liegt, wenn die Ergebnisse eintreffen. Heute lässt sich diese Laborarbeit durch den Einsatz innovativer Inline-Prüfgeräte nahezu vollständig automatisieren. Systeme wie der QualiMaster AT1 führen mehrere Messungen direkt im Prozess durch und liefern in nur 40 Sekunden pro Charge verlässliche Werte. Gemessen werden können unter anderem Verdichtbarkeit, Druckfestigkeit, Scherfestigkeit, Gaspermeabilität (Gasdurchlässigkeit), Springback (Rückfederung), Verformbarkeit und Temperatur. Von dieser exakt aufbereiteten Formstoffqualität hängen Folgeparameter wie Ausschussquoten und teure Nacharbeiten direkt ab. Wenn das Prüfgerät als Regelglied mit einem Vakuum-Kühlsystem kombiniert wird, lässt sich der formstoffbedingte Ausschuss um bis zu 25 % und die Nacharbeit an den Gussteilen sogar um bis zu 50 % senken.

Das System sorgt für konstante Sandqualität unter allen denkbaren äußeren Einflüssen. Ob die Anlage an einem Montagmorgen kalt angefahren wird oder an einem Freitagnachmittag ein plötzlicher Regenschauer die Luftfeuchtigkeit in der Halle drastisch nach oben treibt – die Sandaufbereitung regelt sich selbst und das System bleibt stabil.

Proaktive Software zur Anlagensteuerung

Die von der Sensorik gelieferten Daten müssen allerdings sinnvoll verarbeitet werden, um echte Mehrwerte zu generieren. Hier kommt ein durchgängiges Steuerungskonzept zur Anwendung. Die Software „Sandreport“ erfasst und analysiert die gesamte Formstoffaufbereitung und übernimmt alle relevanten Chargendaten, inklusive der Daten von Feuchtekorrektur-Systemen. Sie sichert durch lückenlose Rückverfolgbarkeit die Qualität des Formstoffs und bietet dem Betreiber eine grafisch aufbereitete Produktionsanalyse in Echtzeit.

Einen Schritt weiter geht die intelligente Sandregelung mittels vorausschauender Bedarfsberechnung. Über eine Tagesmodell-Auftragsbetrachtung weiß das System (beispielsweise über die Software „SandExpert“), welche Gussteile im Laufe des Tages produziert werden. Erfolgt auf der Formanlage ein Modellwechsel, der ein anderes Sand-Guss-Verhältnis bedingt, wird die notwendige Zusammensetzung des Formstoffs automatisch unter Berücksichtigung der Werte aus dem Modellkatalog berechnet. Der Altsand wird exakt mit der Menge an Wasser, Bentonit, Neusand und Additiven aufgefrischt, die er beim folgenden Gießprozess verbrennen wird. Der Formanlage steht somit proaktiv immer der passende Formstoff zur Verfügung. Dies gewährt dem Gießer ein hochwirksames Rohstoffmanagement, maximale Flexibilität und absolut reproduzierbare Ergebnisse.

Retrofit im Bestand

Nicht jede Gießerei hat die Möglichkeit, sofort in eine komplett neue Aufbereitungslinie zu investieren. Gerade in der Anpassung bestehender Anlagen liegt jedoch ein gewaltiger Schlüssel zur Zukunftssicherung. Viele Aufbereitungsanlagen, die in den 1980er, 1990er und 2000er Jahren errichtet wurden, sind mechanisch und im Stahlbau noch hervorragend in Schuss. Ihre Steuerungen und Sensoriken sind jedoch technologisch

oft veraltet. Auch wenn diese Kontrollsysteme meist störungsfrei laufen, birgt die Abkündigung wichtiger elektronischer Ersatzteile durch die ursprünglichen Hersteller ein hohes Ausfallrisiko.

Bei einer Modernisierung (Retrofit) kann die alte Hardware der Anlagensteuerung nicht nur gegen neue Komponenten ausgetauscht werden, sondern es bietet sich die Gelegenheit, das gesamte Steuerungskonzept auf ein neues Niveau zu heben. Hierbei kann modernste Sensorik nachgerüstet (wie beispielsweise das Inline-Prüfgerät als Stand-Alone-Unit) und mit intelligenten Software-Lösungen verknüpft werden. Smarte KI-Tools und Datenanalyse-Software (wie LogLizer) helfen dabei, Systemgrenzen zwischen Sandaufbereitung, Formanlage und Schmelzbetrieb zu überspringen. Durch die fortlaufende Analyse von Produktionsdaten auf allen Ebenen können Engpässe sowie ineffiziente Abläufe identifiziert werden. Die Abfrage und Kontrolle der Daten erfolgen dabei völlig ortsunabhängig via PC, Tablet oder Smartphone, was völlig neue Möglichkeiten in der Instandhaltung und Prozessüberwachung schafft.

Zukunftsperspektiven für die Gussteilproduktion

Trotz wirtschaftlicher Schwankungen und hoher Standortkosten bleibt die Gießereiindustrie ein unverzichtbares Fundament der industrialisierten Welt. Zwar sorgen Megatrends wie die Elektromobilität für Verunsicherung – etwa durch das Downsizing von Verbrennungsmotoren oder den Wegfall klassischer Getriebegehäuse –, doch eröffnen sich gleichzeitig völlig neue Märkte. Der Bedarf an komplexen Verbundgussbauteilen, Leichtbaustrukturen, Batteriegehäusen und Gehäusen für Elektromotoren wächst stetig.

Betriebe, die sich diesen neuen Anforderungen stellen und ihre Produktion flexibilisieren, haben hervorragende Chancen auf zukünftiges Wachstum. Die Grundlage dafür bilden High-Tech-Produktionsanlagen, die nicht nur die geforderte Qualität liefern, sondern auch ökonomisch

und ökologisch nachhaltig arbeiten. Um Schnittstellenprobleme zu vermeiden, bedarf es zukünftig einer noch engeren Kooperation zwischen Instituten, Gießereien und verschiedenen Maschinenbauern. Nur durch gemeinsame, wettbewerbsübergreifende Standards (wie etwa die Schnittstellenarchitektur OPC UA) können die gigantischen Datenvolumina aus Sandaufbereitung, Formanlage und Öfen sinnvoll miteinander verknüpft werden.

Fazit

Die Gießereibranche befindet sich mitten in einer historischen Transformation. Um die ehrgeizigen Ziele der Klimaneutralität zu erreichen und dem Fachkräftemangel zu trotzen, müssen etablierte Prozesse kritisch hinterfragt und modernisiert werden. Der Schlüssel zum Erfolg liegt in der intelligenten Verknüpfung von thermodynamischer Verfahrenstechnik, energieeffizienter Antriebstechnik und lückenloser Digitalisierung. Die Aufbereitung unter Vakuum eliminiert klimatische Störgrößen, kühlt den Sand punktgenau und senkt Emissionen drastisch. Gleichzeitig übernehmen hochpräzise Inline-Sensorik und KI-gestützte Softwarelösungen die proaktive Steuerung des gesamten Sandkreislaufs. So entstehen stabile, reproduzierbare Gießprozesse, die Ressourcen schonen, den Ausschuss minimieren und die Gießereiindustrie als attraktiven, zukunftssicheren Industriezweig stärken.

AUTOREN



Edith Weiser

Inhaberin FORMSTOFF-WEISER
info@formstoff-weiser.com
+49 173 343 7444



Maria-Luise Liepe Anlagen-

technik Formstoffaufbereitung
bei Eirich
sales@eirich.de
+49 6283 51-0