

EVACTHERM[®]

Formsandaufbereitung unter Vakuum



- gleichzeitiges Kühlen, Mischen und Aktivieren in einer Maschine
- exzellente Formsandqualität
- konstante Temperatur von gekühltem Formsand
- kompakte Anlagenkonfiguration

Die Technik des gleichzeitigen Mischens und Kühlens von Formsand unter Vakuum in einer Maschine nach dem EVACTHERM®-Verfahren hat über einen Zeitraum von nunmehr über einem Jahrzehnt die Erwartungen mehr als erfüllt. Vorteile wie konstante Fertigsandtemperaturen, Unabhängigkeit von klimatischen Bedingungen, erheblich geringerer Verbrauch von Bentonit und Kohlenstaub sowie eine nachhaltig bessere Umweltverträglichkeit sind nur einige Aspekte, die diese Technologie zur Sandaufbereitung der Zukunft machen.

1. Anlagenkonfiguration

Luftkühlung im Vergleich zur Vakuumkühlung

Durch den Einbau des Vakuummisch- und Kühlsystems können eine ganze Reihe von Verfahrensschritten in einem einzigen Schritt kombiniert werden, was die Anlagenkonfiguration im Vergleich zur konventionellen Luftkühlung entscheidend vereinfacht. Bezüglich der Anlagenkonfiguration (Abb. 2.1) können folgende Beobachtungen gemacht werden:

- Bei Einsatz eines EVACTHERM®-Mischkühlers entfallen das Vorratssilo für Bentonit und die Dosiergeräte.
- Im Falle einer Turmanlage verringert sich die Anzahl erforderlicher Becherwerke.
- Der Pufferbehälter für den Kühler, das reversible Förderband und der Luftkühler selbst entfallen.
- Das Gebläse, das erhebliche Energiemengen verbraucht, entfällt.
- Der große Zyklon inkl. Einrichtungen zur Vermeidung von Kondensation und Anbackungen sowie die Staubrückführung sind nicht mehr erforderlich.
- Das zusätzliche Automatisierungsgerät für die Wasserzugabe in den Luftkühler entfällt.
- Größe und Energieverbrauch des zentralen Entstaubungsfilters können bis zu 50 % reduziert werden.

- Eine kleinere Abluftmenge bedeutet gleichzeitig entsprechend geringere Deponiekosten für Filterstaub.
- Die Kosten für Stahlbau und Fundamente können deutlich reduziert werden.
- Die erforderliche Grundfläche für die Anlage lässt sich ebenfalls deutlich reduzieren.

Alle oben genannten Maschinen und Geräte werden durch ein Vakuummisch- und Kühlsystem (Abb. 3.1) ersetzt, welches im Wesentlichen aus folgenden Anlagenteilen besteht:

- EVACTHERM®-Mischkühler (erfordert nicht mehr Platz als Mischer in Anlagen mit Luftkühlung)
- Kondensator
- Wärmetauscher für das Kondenswasser (in der Nähe des EVACTHERM®-Mischkühlers platziert)
- Wasserring-Vakuumpumpenstand, ca. 2 x 3,5 x 2,5 m (in der Nähe des EVACTHERM®-Mischkühlers platziert)
- Kühlturm zur Aufstellung im Freien in der Nähe der Sandaufbereitungsanlage (wenn kein Kühlwasser für den Wärmetauscher vorhanden ist)

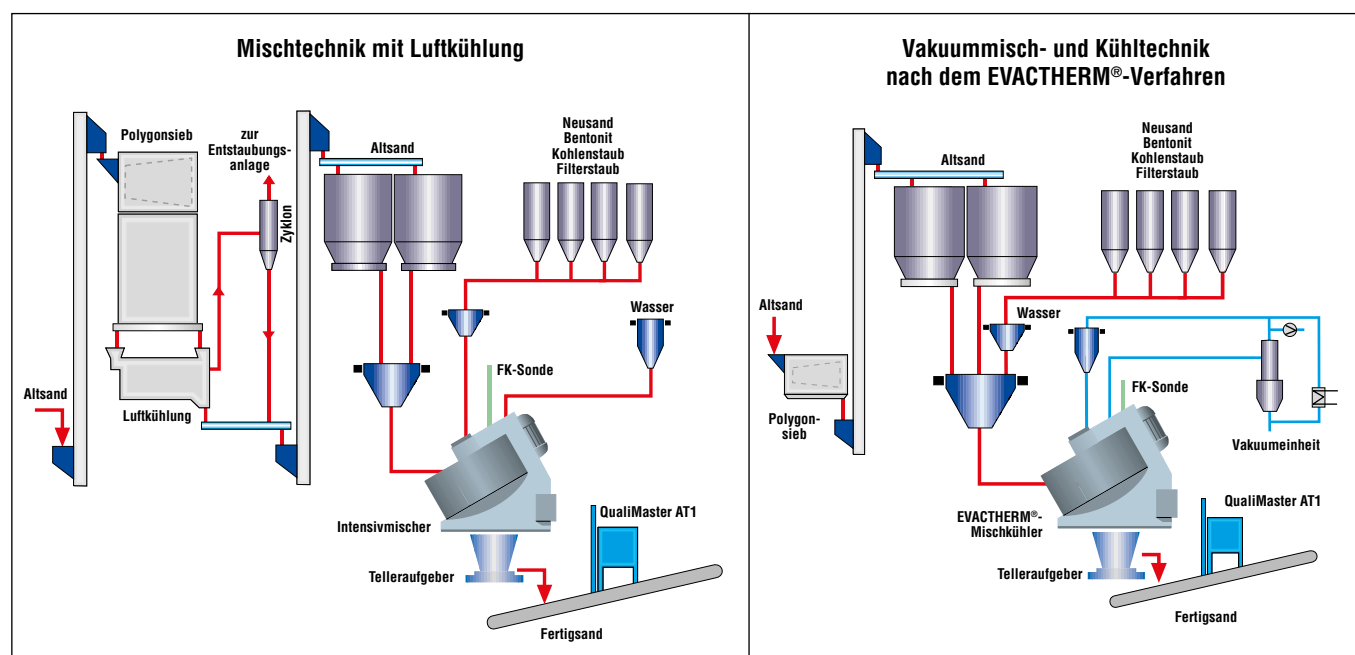


Abb. 2.1: Anlagenschemata - Luftkühlung im Vergleich zur Vakuumkühlung nach dem EVACTHERM®-Verfahren

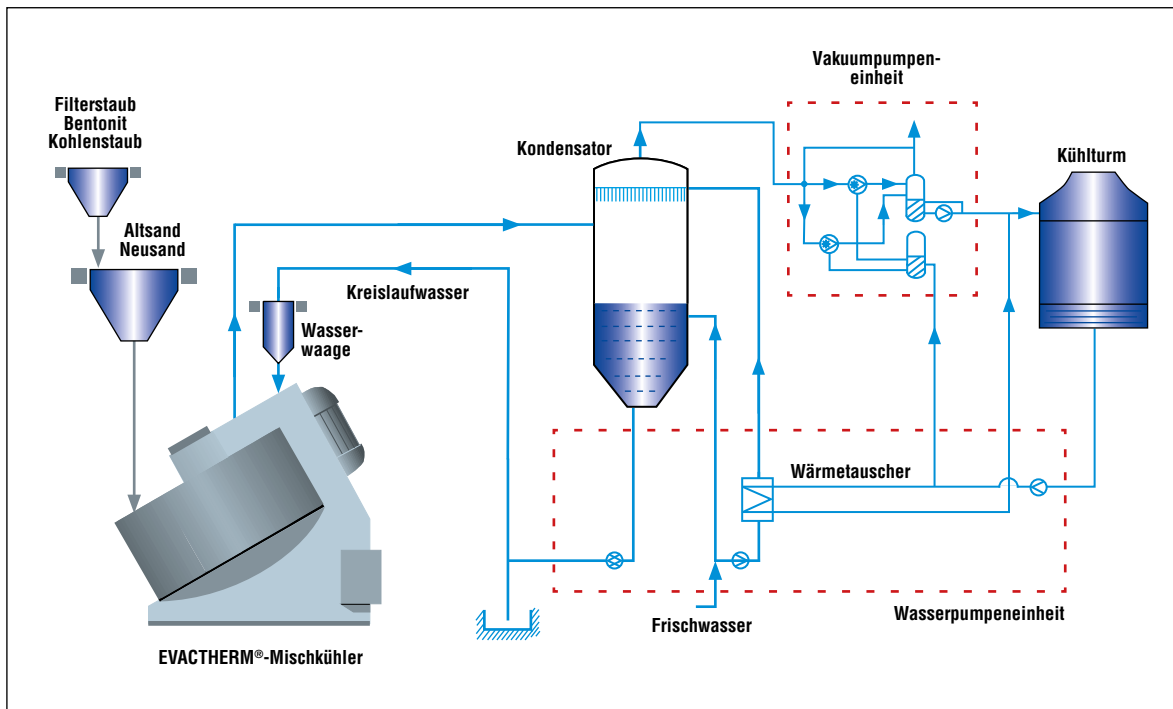


Abb. 3.1:
Vakuummisch- und
kühltechnik nach
dem EVACTHERM®-
Verfahren

2. Wie funktioniert die konventionelle Luftkühlung?

Sandaufbereitungsanlagen, die mit konventioneller Luftkühltechnik arbeiten, verwenden im Allgemeinen entweder einen Fließbettkühler, einen Mischkühler oder eine Kühltrommel. Sowohl Systeme mit Luftkühlung als auch die Vakuummühltechnik basieren auf ähnlichen physikalischen Prinzipien. In einem Luftkühler, der kontinuierlich mit Altsand beschickt wird, werden Wasser und Luft zugegeben. Das Wasser erfüllt dabei zwei Aufgaben:

- Es soll verdunsten und dabei dem Sand Wärmeenergie entziehen. Dadurch wird der Sand gekühlt.
- Es soll den Sand befeuchten, damit der Bentonit in den Altsandilos nach dem Kühler besser aktivieren kann. Die maximal zulässige Wasserzugabe ist abhängig vom Sand, vom Kühler- und von der Auslegung der Altsandilos.

Die Verdunstung des Kühlwassers findet nahezu bei Atmosphärendruck (ca. 1 bar) statt. Die Aufgabe der meist mit großen Gebläsen in Luftkühler eingeblasenen Luft ist es, das verdunstete Wasser aufzunehmen und als Transportmedium für das verdunstete Wasser zu fungieren. Die verdunstende Wassermenge, die von der Luft aufgenommen werden kann, ist abhängig von der Feuchtkugeltemperatur (=Taupunkt) der Luft, die vom Luftkühler angesaugt wird. Die Feuchtkugeltemperatur der Luft ist wiederum abhängig von den schwankenden klimatischen Umgebungsbedingungen. Die Feuchtkugeltemperatur kann anhand der tatsächlichen Umgebungstemperatur und der Luftfeuchte mit Hilfe von Dampftabellen ermittelt werden. Die Endtemperatur des Sandes hängt somit von den schwankenden klimatischen Bedingungen der Ansaugluft ab.

3. Wie funktioniert die Vakuummühlung nach dem EVACTHERM®-Verfahren?

Bei Umgebungsluftbedingungen, d.h. bei einem Luftdruck von etwa 1 bar beginnt Wasser bei ca. 100 °C zu sieden. Würden Luftdruck bzw. Umgebungsdruck auf etwas unter 0,1 bar gesenkt, so würde Wasser bereits bei 40 °C zu sieden beginnen. Dieses Ergebnis entspricht der Dampftabelle. Mit anderen Worten, durch gezieltes Regeln des Umgebungsdrucks können wir den Siedepunkt ebenfalls gezielt regeln. Wird der Siedepunkt exakt geregelt, so ist auch eine exakte Regelung der Sandtemperatur im Mischkühler möglich (Abb. 4.2). In der Praxis findet die Vakuummühlung gleichzeitig während des Mischvorgangs statt. Stellen Sie sich einen klassischen Intensivmischer vor, der von einem Druckgehäuse umgeben ist. Mit diesem Gehäuse und mit einer Vakuumpumpe können wir nun den Umgebungsdruck innerhalb des Mixers wie gewünscht senken. Sandtemperatur und -feuchte können auf diese Weise genau geregelt werden. So ist aus dem Mischer ein Aggregat zum gleichzeitigen Kühlen und Mischen geworden, der EVACTHERM®-Mischkühler. Diesem werden im Verlauf des Prozesses zwei Wassermengen zugegeben:

- Das Wasser, das benötigt wird, um den Altsand zu befeuchten, bis dieser den Feuchtegehalt des Fertigsandes erreicht hat.
- Das Wasser, das benötigt wird, um den Altsand von seiner Ausgangstemperatur im Mischer bis zum Erreichen der gewünschten Endtemperatur von 40-42 °C zu kühlen. Dabei wird auch die eingeleitete Mischenergie berücksichtigt.

Durch die Entstaubung im Polygonsieb und den Transport über die verschiedenen Förderbänder tritt für gewöhnlich ein Temperaturabfall

von ca. 15-20 °C zwischen dem ersten Becherwerk und dem EVACTHERM®-Mischkühler ein. An den Übergabestellen der einzelnen Förderaggregate bzw. dem Polygonsieb (Sizer) werden über die Entstaubungsanlage dem Formsand die Feianteile entnommen, um den Schlammstoffanteil in der gewünschten Größenordnung zu halten. Die im EVACTHERM®-Mischkühler gemessene Altsandtemperatur liegt normalerweise unter 100 °C. Mit der Vakuumkühltechnik lassen sich jedoch selbst Temperaturen über 100 °C problemlos handhaben. Da beim Einsatz des EVACTHERM®-Mischkühlers die Kühlung exakt beim Erreichen der Sättigungstemperatur und des Sättigungsdrucks einsetzt, spricht man auch von Verdampfung anstelle von Verdunstung der Kühlwassermenge. Die Kühlung findet nahezu unter Luftausschluss statt. Dies ermöglicht eine effizientere Verteilung des Befeuchtungswassers zwischen den Sandpartikeln und Additiven. Im Gegensatz zur Luftkühlung muss nicht erst die Luft zwischen den Sandpartikeln verdrängt werden, damit das Wasser den Bentonit erreicht. Luft als Transportmedium ist ebenfalls nicht erforderlich. Folglich wird kein Zyklon und ein kleinerer Entstaubungsfilter als bei Luftkühlsystemen benötigt. Der bei der Vakuumkühlung entsprechend der Kühlwassermenge entstehende Dampf wird in einen Injektionskondensator geleitet. Dieser Dampf kondensiert im Kondensator, so dass ein Energietransfer vom Sand zum Kondensator stattfindet (Abb. 3.1). Das Kondenswasser wird



Abb. 4.1: EIRICH-Aufbereitungsgruppe mit EVACTHERM®-Mischkühler RV32VAC

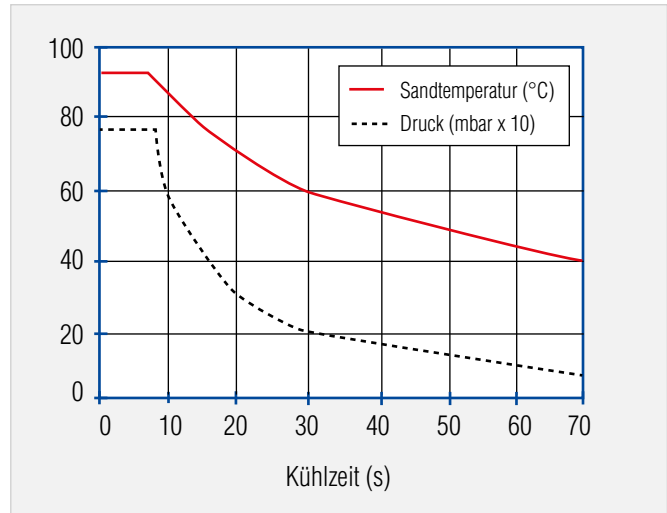


Abb. 4.2: Zusammenhang von Druck und Sandtemperatur im EVACTHERM®-Mischkühler

in einem Plattenwärmetauscher gekühlt. Der Einsatz eines Plattenwärmetauschers ermöglicht eine kompakte Konfiguration der Sandaufbereitungsanlage. Das reduzierte Dampfvolumen beim Übergang vom gasförmigen in den flüssigen Aggregatzustand ist die treibende Kraft bei der Einleitung des Dampfes in den Kondensator. Dies wirkt sich entscheidend auf Anlagenplanung und -größe aus. Die Größe eines konventionellen Kühlers ist unmittelbar abhängig vom Sanddurchsatz (t/h). Die Abmessungen von Kühler, Gebläse, Zyklon und Entstaubungsfilter steigen proportional zum gewünschten Sanddurchsatz. Dagegen hängt die Größe der Vakuumpumpe (Wasserringpumpe) nicht vom Sanddurchsatz, sondern wesentlich von der Geometrie des Mixers und des Kondensators ab, d.h. von der pro Charge zu evakuierenden Luftmenge. Steigt die gewünschte Durchsatzleistung, so wird die Vakuumpumpeneinheit – und damit auch die erforderliche Antriebsenergie – nur geringfügig größer im Vergleich zum Energiebedarf konventioneller Luftkühlsysteme, die größere Gebläse für Kühler und Entstaubungsfilter erfordern.

4. Schnellere Aktivierung der Bindekräfte des Bentonits

Bentonit besteht aus einer Lamellenstruktur. Die Abstände zwischen den einzelnen, bentonithaltigen Schichten sind extrem klein. Während des Aktivierungs- und Mischvorgangs diffundiert Wasser zwischen diese Bentonitschichten (inner-kristallines Quellen). Der Bentonit gewinnt an Volumen und die Bindekräfte werden aktiviert. Bei der konventionellen Luftkühlung wird der aus dem Luftkühler austretende Sand befeuchtet, um so das Aktivieren des Bentonits in den nachgeschalteten Altsandilos zu erzielen. Die maximale Feuchte des Sandes beim Austritt aus dem Luftkühler beträgt im allgemeinen 2,0 - 2,2 %. Je nach Kühlertyp und Siloauslegung können Feuchtwerte von bis zu 2,8 % erreicht werden. Dem Kühler nachgeschaltete Altsandilos sind normalerweise für eine Sandverweilzeit von 1,5 - 2,5 h ausgelegt, um eine angemessene Aktivierungszeit zu ermöglichen. In Japan ist seit einigen Jahren eine EVACTHERM®-Sandaufbereitungsanlage bestehend aus zwei Linien mit einer Gesamtsandleistung von 90 t/h in Betrieb. Diese Anlage hat

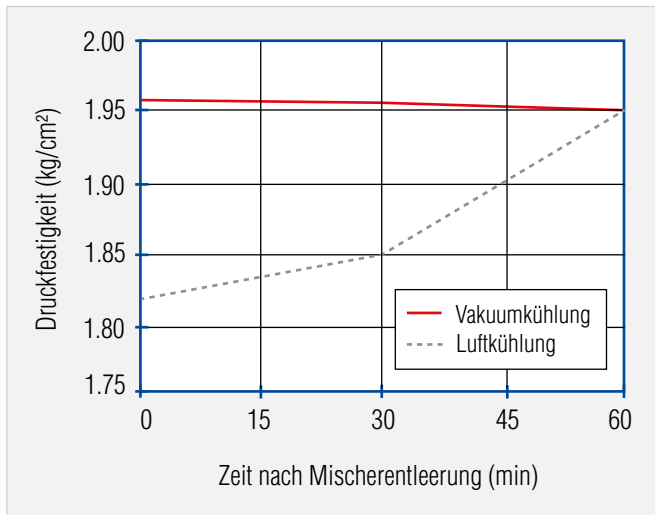


Abb. 5.1: Schnelle Aktivierung von Bentonit unter Vakuum

gezeigt, dass der Fertigsand bei Aufbereitung und Kühlung unter Vakuum bereits eine Stunde früher die gewünschte Druckfestigkeit erreicht als bei einer Aufbereitung unter Atmosphärenbedingungen (Abb. 5.1). Außerdem ist zu beobachten, dass die Verweilzeit des Fertigsandes zwischen dem Ende des Mischvorgangs und der Formgebung meist lediglich 10 - 15 min beträgt. Dies bedeutet auch, dass die Druckfestigkeiten von Fertigsanden, die nach dem konventionellen Verfahren aufbereitet werden, in der Praxis nur durch eine Änderung der Sandzusammensetzung erreicht werden können. Die höheren Festigkeitswerte von unter Vakuum gemischtem und gekühltem Formsand sind auf die bei Vakuunkühlung vergleichsweise höheren Dampfmengen zurückzuführen. Diese entstehen aufgrund der Verdampfung des Wassers unterhalb Atmosphärendruck, was bei der Luftkühlung so nicht gegeben ist. Tabelle 1 verdeutlicht diese Tatsache. Der dargestellte Vergleich bezieht sich auf eine Altsandmenge von 1 t, die von 80 °C auf eine Temperatur von 40 °C gekühlt wurde. Geringfügige Abweichungen der Angaben je nach Umgebungsbedingungen und verwendetem Kühler typ sind möglich. Das spezifische Volumen des Dampfes bei Luftkühlung unter Atmosphärendruck und Sättigung beträgt nur 1,7 m³/kg. Während des Vakuunkühlprozesses wird Wasser bei unterschiedlichen Drücken zu Dampf. Wenn beim Vakuunkühlprozess 1 kg Wasser bei einem Druck von etwas unter 0,1 bar verdampft, entstehen 19 m³ Dampf. Dabei wird keine zusätzliche Luft als Transportmedium benötigt. Der Dampf kann sich frei um den Sand und die Bentonitpartikel bewegen und muss nicht erst größere Luftmengen verdrängen. Die spezifische Oberfläche des Sandes variiert je nach AFS-Zahl und Feinanteil. Ein Richtwert für die spezifische Oberfläche von Formsand ist 28.000 - 37.000 m²/t. Aus Tabelle 1 kann abgeleitet werden, dass bei der Vakuunkühlung von Sand mit einer spezifischen Oberfläche von 35.000 m²/t eine Dampfmenge von ca. 5 l/m² unter Luftausschluss den mit Bentonit umhüllten Sand erreicht. Der Dampf diffundiert einfacher in die einzelnen Bentonitschichten.

Tabelle 1

Vergleich der Dampfvolumina von luftgekühlten gegenüber vakuumgekühlten Systemen:

Volumen pro Tonne Sand von 80° auf 40° gekühlt		
Luftkühlung		Vakuunkühlung
Luft (m³/t)	Dampf (m³/t)	Dampf (m³/t)
240	32	175

Im Vergleich dazu kann bei der konventionellen Luftkühlung nur eine Dampfmenge von 0,9 l/m², die auch noch eine Luftmenge von 6,9 l/m² verdrängen muss, die mit Bentonit umhüllten Sandpartikel erreichen. Es ist also bei weitem schwieriger, die Bentonitbindekräfte zu aktivieren. Die Dampfmasse während des Vakuunkühlprozesses ist die Hauptursache für die schnellere Aktivierung der Bentonitbindekräfte. Diese Erkenntnis entspricht in etwa Beobachtungen, die auch in anderen Industriezweigen, z.B. in der keramischen Industrie, gemacht wurden, wo der Ton (analog zum Bentonit) im Mischer mit Dampf beaufschlagt wird, um dessen Plastizität vor dem Extrudieren zu erhöhen.

5. Mehrere Vakuum-Mischkühllinien mit gemeinsamer Kühlperipherie

Abhängig von der gewünschten Sandleistung und der Anzahl der Formanlagen werden in konventionellen Sandaufbereitungsanlagen häufig zwei Luftkühler und zwei Mischer installiert. Beim Einsatz der Vakuunkühltechnik hingegen bietet eine spezielle Anlagenkonfiguration erhebliche Vorteile. Bei gleichzeitigem Mischen und Kühlen unter Vakuum dauert der Kühlprozess selbst nur ca. 70 s/Charge. Dies ist weniger als die halbe Spielzeit pro Charge, so dass für zwei Mischkühler eine Vakuumpumpeneinheit genügt, vorausgesetzt, die beiden Mischkühler können alternierend arbeiten. Hier einige Vorteile, die die Vakuumtechnik den Betreibern mehrerer Aufbereitungslinien mit gemeinsamer Kühlperipherie bietet:

- Verdoppelung der Anlagenleistung mit zwei Mischkühlern bei gleicher Auslegung von Kondensator und Vakuumeinheit wie beim Arbeiten mit nur einem Mischkühler. Lediglich die Auslegung des Wärmetauschers und des Kühlturms müssen angepasst werden.
- Im Vergleich zur konventionellen Luftkühlung steigt der Energieverbrauch bei der Umstellung von einer auf zwei Mischlinien mit Vakuunkühlung nur unwesentlich an, was die Energieausnutzung von einer auf zwei Mischlinien zusätzlich verbessert. Häufig erfordern zwei Kühler einen Luftdurchsatz von über 50.000 m³/h. Der Entstaubungsfilter muss dann so ausgelegt werden, dass diese großen Luftmengen bewältigt werden können.
- Häufig erfordern zwei Kühler einen Luftdurchsatz von über 50.000 m³/h. Der Entstaubungsfilter muss dann so ausgelegt werden, dass diese großen Luftmengen bewältigt werden können.



Abb. 6.1: Zwei EIRICH-EVACTHERM®-Mischkühler RV32 VAC (7 m³/Charge) für ca. 260 t/h Fertigsandbedarf.



Abb. 6.2:
Ausschnitt aus einem Aufstellungsplan einer Anlage mit einer Leistung von ca. 260 t/h Fertigsand.
Er zeigt zwei EVACTHERM®-Mischkühler RV32VAC (7 m³/Charge) für mehrere Formanlagen mit gemeinsamer Vakuumkühlperipherie.

- Die erforderliche Absaugluftmenge für zwei Vakuummischkühler beträgt nur 2000 m³/h und ist vergleichsweise zu vernachlässigen. Für die Kühlperipherie wird überhaupt keine Luft benötigt.
- Die Abmessungen des zentralen Entstaubungsfilters sind wesentlich geringer.
- Die Deponiekosten für Filterstaub verringern sich sogar noch deutlicher. Dadurch können auch Rohstoffe eingespart werden.
- Anlagenvolumen und Stahlbau werden erheblich reduziert.
- Anlageninvestitionskosten werden spürbar gesenkt.
- Weniger Maschinen und Geräte, d.h. weniger Wartungsarbeiten und dadurch sinkende Betriebskosten.
- Eine nachträgliche Aufrüstung einer Sandaufbereitungsanlage mit Vakuumkühlung auf zwei Mischlinien zur Produktionssteigerung ist mit minimalen Umbauarbeiten an der bestehenden Anlage bei entsprechender Planung möglich.

Detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnungen mit Darlegung der Einsparpotentiale bei Additivverbräuchen, elektrischer Energie und Entstaubungsluftmengen können gemeinsam mit dem Kunden erarbeitet werden.

6. Anforderungen an den Entstaubungsfilter

Der Entstaubungsfilter für die Anlage Abb. 6.1 konnte für ca. 100 000 m³/h weniger ausgelegt werden als für eine vergleichbare Anlage mit konventioneller Luftkühlung. Beim Eintritt in den Entstaubungsfilter enthält der Staub meist noch einen hohen Anteil an aktivem Bentonit (20 - 45 %) und Kohlenstaub (10 - 25 %). Wegen des schamottisierten Tons und der Feinanteile kann nur ein sehr geringer Prozentsatz dieses Staubes in die Sandaufbereitungsanlage zurückgeführt werden. Der Reststaub und die in ihm enthaltenen Additive werden im Allgemeinen kostenintensiv deponiert. Infolge des geringeren Luftdurchsatzes im Entstaubungsfilter reduziert sich auch die dem Sand entzogene Additivmenge entsprechend. Gleichzeitiges Mischen und Kühlen unter Vakuum ermöglicht eine beträchtliche Einsparung von Additiven und Deponiekosten. Die aus dem Entstaubungsfilter austretende Luft enthält noch eine Reststaubmenge in der Größenordnung von 5 - 20 mg/m³ Luft. Durch die Reduzierung der ins Freie gelangenden Luftmenge verringert sich auch die über das Abluftsystem an die Umwelt abgegebene Staubmenge erheblich. Dies macht die Vakuumkühltechnik zu einer umweltfreundlicheren Lösung, ein Faktor, der immer stärker an Bedeutung gewinnt, wenn es darum geht, eine zukunftsorientierte Sandaufbereitungsanlage zu konzipieren.

7. Fazit

Formsandaufbereitung mit dem EVACTHERM®-Verfahren

Die Technik des gleichzeitigen Mischens und Kühlens hat sich in der Gießereiindustrie etabliert. Die Hauptvorteile dieser Technik im Vergleich zu konventionellen Luftkühlensystemen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Fertigsandtemperaturen unabhängig von klimatischen Umgebungsbedingungen und schwankenden Sandparametern.
- Reduzierter Additivverbrauch infolge geringerer Sandaufsalzung und weniger Filterstaub.
- Kleinere Entstaubungsfilter (bis zu 50 %).
- Saubere und umweltfreundliche Kühltechnik.
- Schnellere Aktivierung der Bentonit-Bindekräfte infolge Dampf-atmosphäre (fast) unter Luftausschluss.
- Optimale Energieausnutzung und reduzierter Energieverbrauch beim Einsatz eines Kühlsystems für zwei alternierend arbeitende Aufbereitungslinien.
- Geringere Versalzung und Verkalkung des Formsands durch Führung des Kühlwassers im Kreislauf.
- Extrem flexible und kompakte Anlagenkonfiguration.

Industrielle Misch- und Feinmahltechnik Tradition und Innovation seit 1863

EIRICH steht weltweit für ein umfassendes Leistungsspektrum in der industriellen Aufbereitungstechnik. Den Schwerpunkt bilden die Misch- und Feinmahltechnik mit Know-how aus über 150 Jahren enger Partnerschaft mit Anwendern, Hochschulen und Forschungseinrichtungen.

Global agieren und damit nahe am Kunden sein – mit dieser Geschäftsphilosophie hat sich die EIRICH Gruppe in allen wichtigen Wirtschaftsregionen ihren Platz sichern können.

Im Vordergrund steht die innovative Technik im Maschinen- und Anlagenbau zur Lösung anspruchsvoller Aufbereitungsaufgaben aus einer Hand.

Anwendungs- und Verfahrenstechnik mit eigenem Technikum, hohe Fertigungstiefe und ein umfassender Service sind die ideale Basis für die Entwicklung moderner, wirtschaftlicher Verfahren für eine Vielzahl von Branchen.

**Baustoffe – Keramik – Glas – Kohlenstoffmassen – Akkus und Batterien
Reib- und Bremsbeläge – Metallurgie – Gießerei – Umweltschutz**

Die EIRICH Gruppe weltweit:



Maschinenfabrik Gustav Eirich
GmbH & Co KG
Postfach 11 60
74732 Hardheim, Deutschland
Telefon: +49 6283 51-0
Fax: +49 6283 51-325
E-Mail: eirich@eirich.de
Internet: www.eirich.de



Eirich France SAS
Saint-Priest, Frankreich



OOO Eirich Maschinentchnik
Moskau, Russland



OOO Eirich Maschinentchnik
Dnepropetrovsk, Ukraine



Eirich Machines, Inc.
Gurnee, IL, USA



Eirich Industrial Ltda.
Jandira S.P., Brasilien



Nippon Eirich Co. Ltd.
Chiba, Japan



Eirich East Asia/Pacific
Seoul, Südkorea



Eirich Group China Ltd.
Shanghai und Beijing, VR China
Eirich Machinery Jiangyin Co., Ltd.
Jiangyin, Jiangsu Province, VR China



Eirich India Pvt. Ltd.
Mumbai, Indien



H. Birkenmayer (Pty.) Ltd.
Isando, Republik Südafrika

www.eirich.com



The Pioneer in Material Processing®